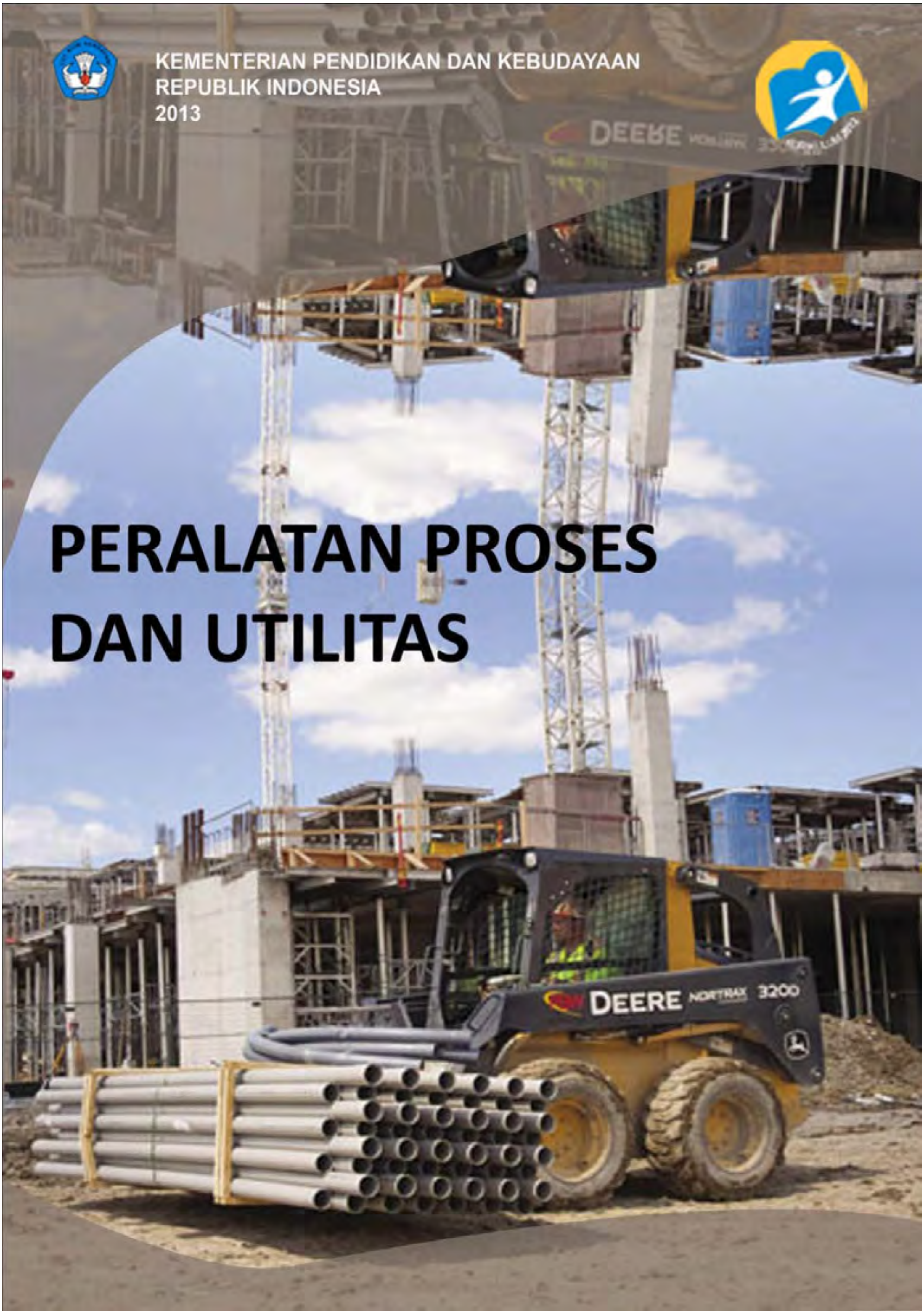
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

PERALATAN PROSES DAN UTILITAS



PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
TAHUN 2013

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didikserta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagaibahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta.

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajianbuku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

. DAFTAR ISI

BAB. I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.

Diera globalisasi ini perkembangan ilmu sangatlah pesat dan tuntutan persaingan yang tinggi terutama dibidang transportasi, sehingga diikuti perkembangan penggunaan BBM dan semakin tinggi pula tuntutan-tuntutan kualitas BBM dan non BBM di pasaran. Dengan tuntutan BBM yang bermutu tinggi tersebut akan memacu pengolahan migas untuk mengolah dan mendapatkan produk yang bermutu tersebut sebagai daya saing dipasaran. Untuk mendapatkan mutu tersebut dituntut pula perkembangan proses pengolahan migas, sehingga akan memacu pula perkembangan peralatan dalam proses pengolahan. Sehingga peralatan-peralatan pengolahan akan beraneka macam sesuai dengan perkembangan pengolahannya. Karena banyaknya peralatan pengolahan migas, maka bab ini memberikan sedikit gambaran dan wawasan bagi pembaca untuk mengetahui macam-macam peralatan pengolahan migas yang utama.

B. Diskripsi Singkat

Buku ini membahas tentang peralatan pengolahan minyak bumi yang meliputi : Furnace, Alat Penukar Panas, Kolom, Pompa dan kompresor, Separator,Tangki Timbun dan dimana setiap peralatan tersebut akan dibahas meliputi macam-macam peralatan, fungsi dan bagian-bagiannya.

C. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU)

Setelah mengikuti Pembelajaran pada buku ini siswa diharapkan mampu :

a. Fungsi dari setiap peralatan.
b. Menjelaskan macam-macam perlatan.
c. Bagian-bagian dari tiap-tiap peralatan..

D. Tujuan Pembelajaran Khusus.

Setelah pembelajaran pada buku ini siswa diharapkan mampu :

a. Menjelaskan Fungsi dari setiap peralatan
b. Menjelaskan Menjelaskan macam-macam perlatan.
c. Menjelaskan Bagian-bagian dari tiap-tiap peralatan.

E. Metode Pembelajaran

1. Ceramah.
2. Diskusi
3. Curah pendapat

F. Pokok Bahasan

1. Furnace
2. Alat Penukar Panas.
3. Kolom
4. Pompa dan Kompresor
5. Tangki Timbun
6. Isolasi
7. Separator.

BAB. II
FURNACE

Setelah mengikuti pembelajaran Bab. II ini para siswa diharapkan dapat menjelaskan fungsi furnace, macam-macam furnace dan bagian-bagian furnace.

A. UMUM

Furnace adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dalam suatu ruangan ke fluida yang dipanaskan melalui tube-tube pembuluh yang berada di sekitar ruang pembakaran furnace tersebut.

Furnace atau juga disebut dapur dalam proses pengolahan dapat berfungsi sebagai pemanas awal, sebagai reboiler dan juga sebagai pemanas umpan sampai suhu yang diharapkan.

Bahan baker dapur dapat berupa cair maupun gas dimana bahan baker cair adalah fuel oil sedangkan bahan bakar gas disebut fuel gas. Untuk pembakaran bahan baker digunakan burner dimana didalam furnace ini ada tiga macam burner yaitu burner untuk fuel oil, fuel gas dan burner kombinasi.

B. MACAM-MACAM TYPE FURNACE.

Furnace macam-macamnya (typenya) antara lain sebagai berikut :

1. Large box type
2. Down Convection.
3. Straight Up
4. A Frame
5. Circular
6. Radiant Wall.
7. Double Up Fired

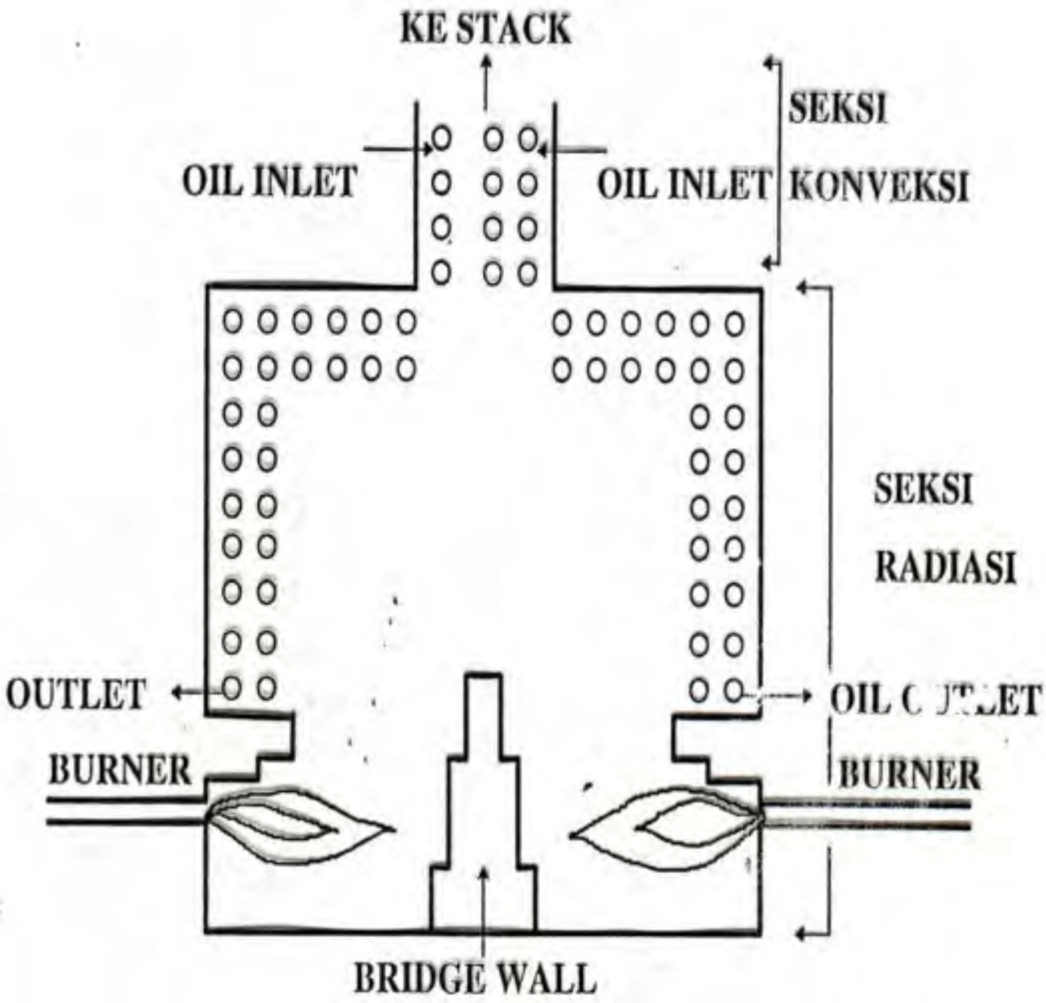
Gambar : 1 - 1

FURNACE



Gambar : 2 - 2

LARGE BOX

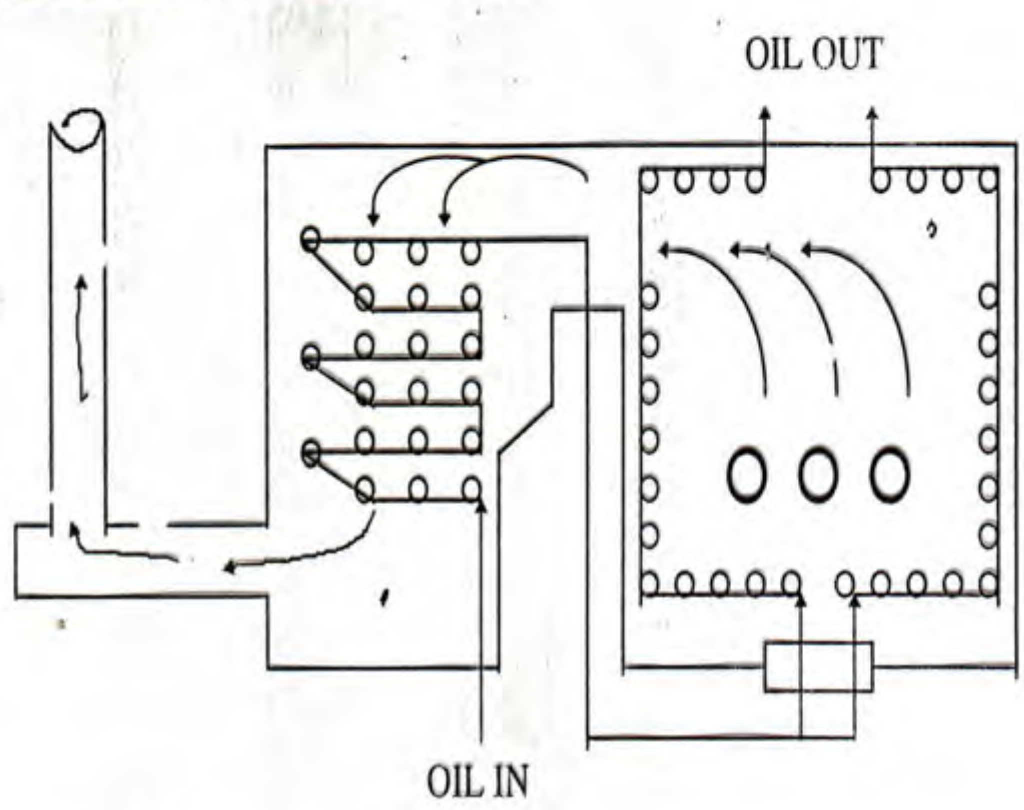


o o o Mendapat 2 macam pemanasan yaitu dari seksi radiasi dan konveksi

Gambar : 2 - 3

DOWN CONVECTION

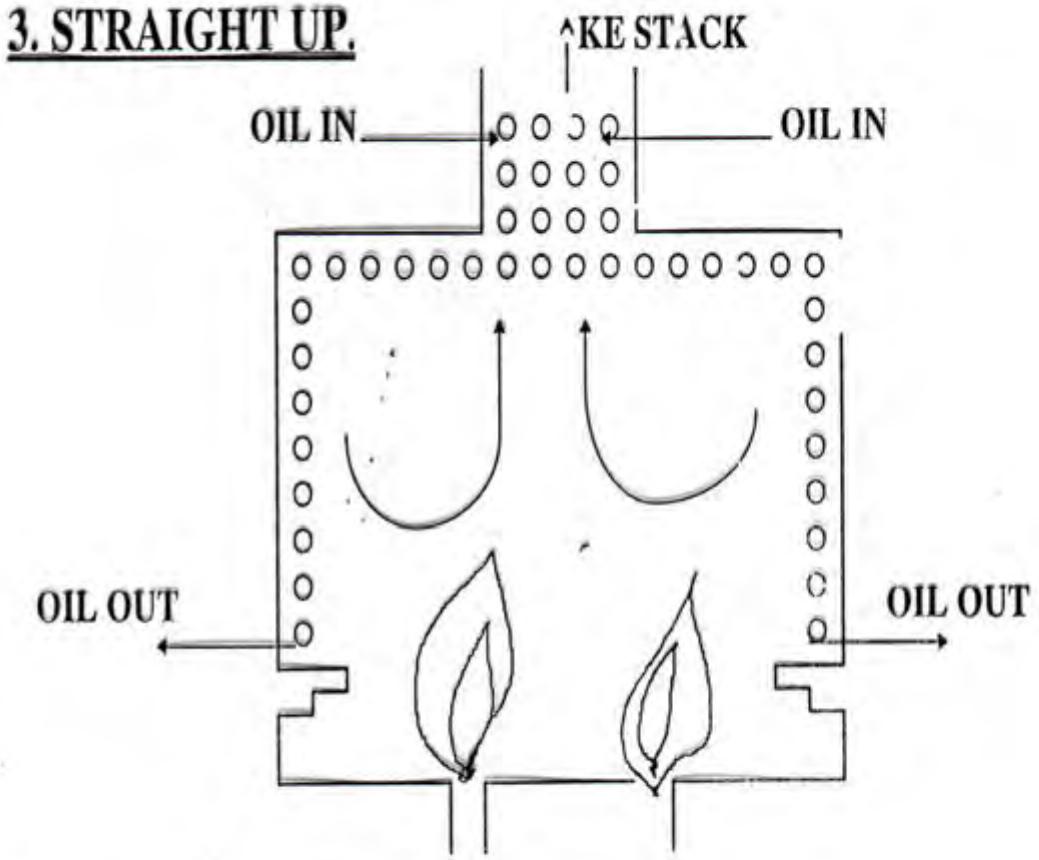
2. DOWN CONVECTION.



- Kapasitas Medium atau lebih kecil, kecepatan panas rendah.
- Stack umumnya tinggi

Gambar : 2 - 4

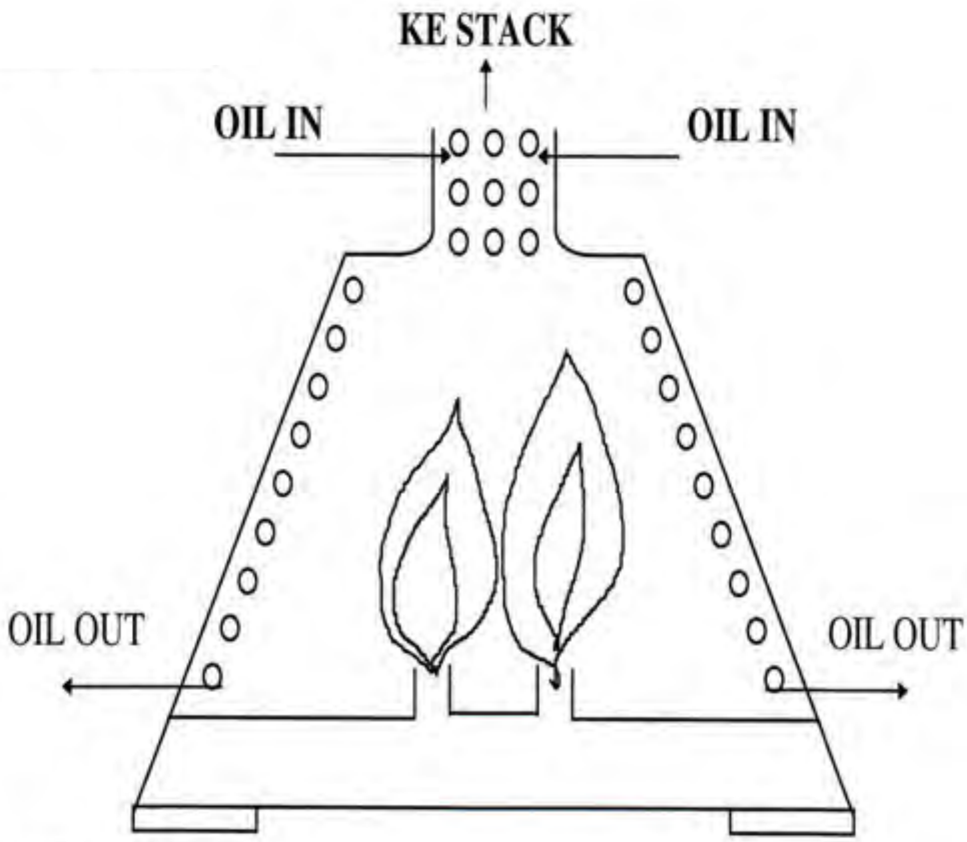
STRAIGHT UP



- Kapasitas sembarang
- Stack pendek

Gambar : 2 - 5

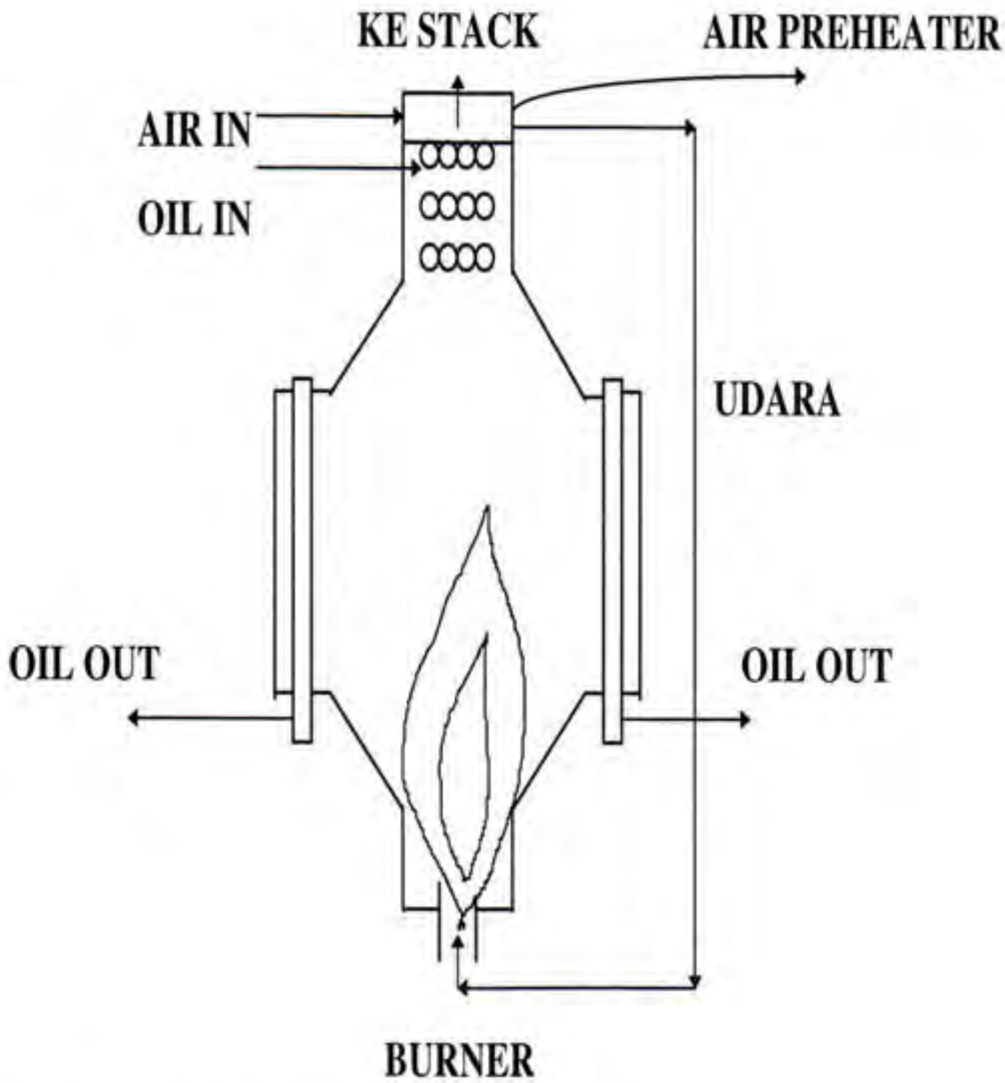
A FRAME



- Kapasitas besar
- Stack pendek

Gambar : 2 - 6

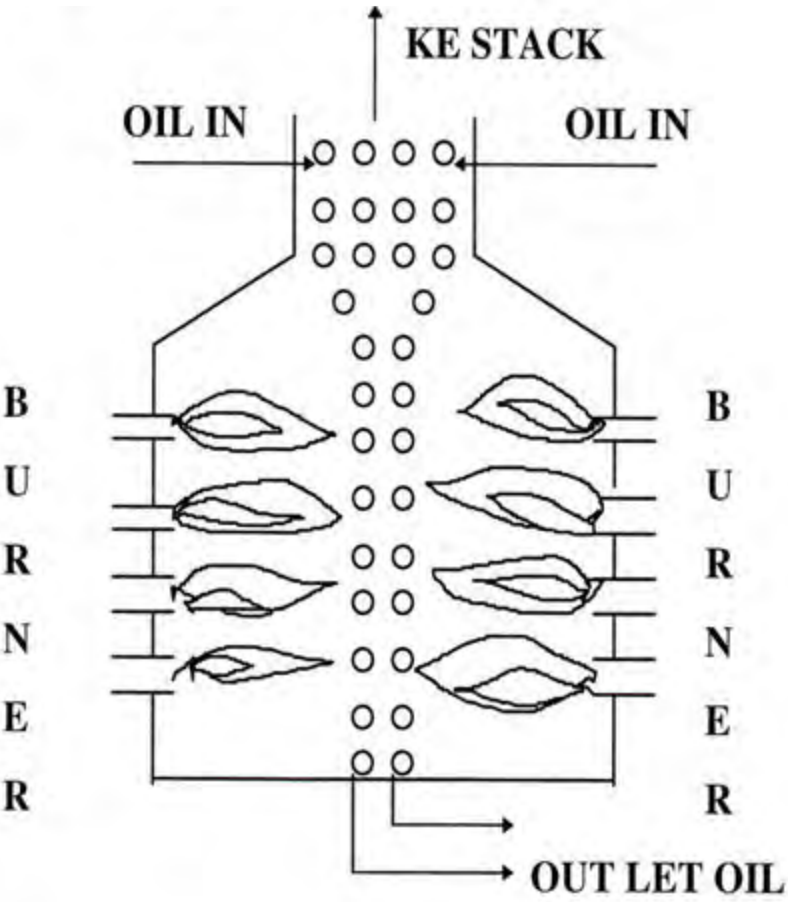
CIRCULAR



- Kapasitas besar dan mahal
- Stack pendek

Gambar : 2 - 7

RADIANT WALL

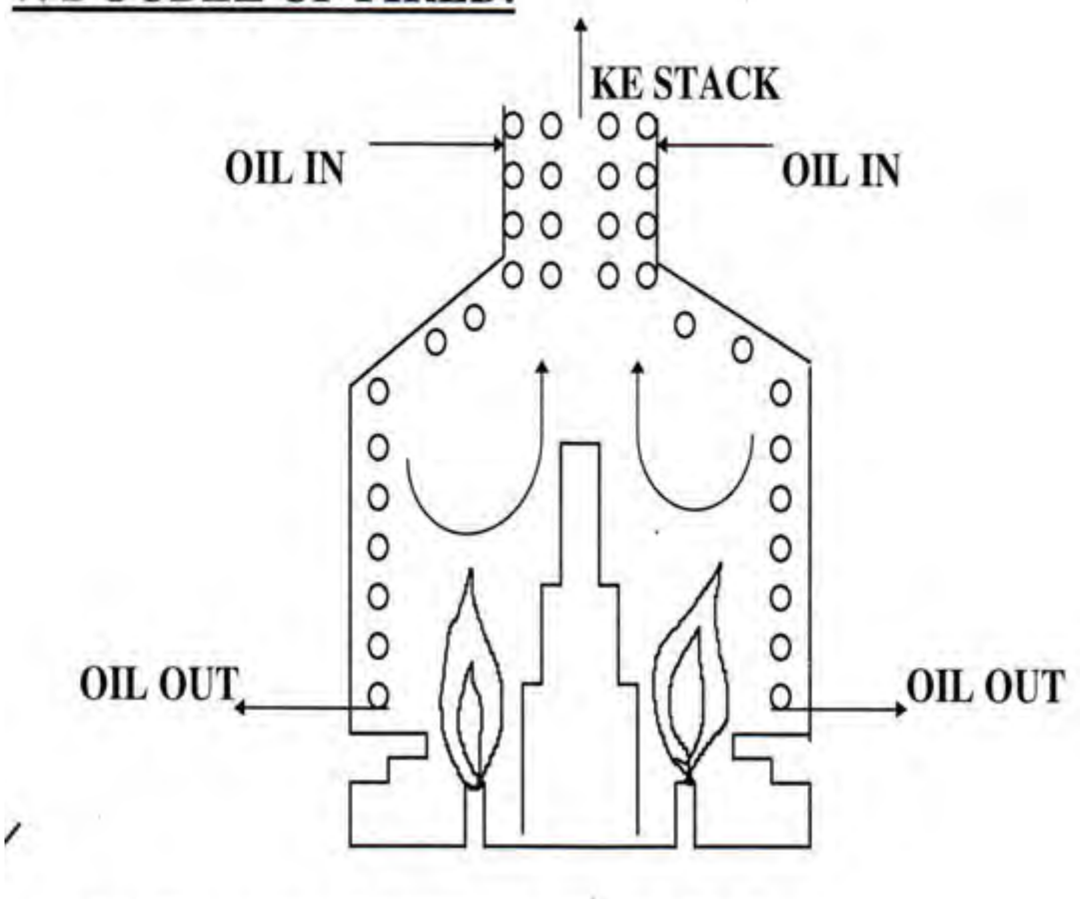


- Baik untuk operasi suhu tinggi

Gambar : 2 - 8

DOUBLE UP FIRED

7. DOUBLE UP FIRED.



- Kapasitas dapat medium atau besar
- Stack pendek

C. STRUKTUR DARI DAPUR.

Secara konstruksi dapur dalam proses plant terdiri dari 2 bagian :

1. Bagian konveksi.

   Bagian conveksi yaitu suatu daerah yang menerima panas dari aliran flue gas yang akan mengalir ke stack.

   Bagian koveksi terletak langsung dibawah stack, letak tube dalam bagian conveksi selalu horizontal.

2. Bagian radiasi.

Bagian radiasi yaitu daerah yang menerima panas langsung dari api burner. Untuk dapur tipe horizontal, letak tube dalam bagian ini adalah horizontal, sedang untuk dapur tipe vertical letak tube adalah vertical.

- Fungsi Furnce :

Secara umum fungsi furnace didalam proses adalah:

  - Untuk menaikan suhu fluida?minyak sesuai dengan kebutuhan dalam mencapai titik penguapan,kemudian fluida/minyak dialirkan kedalam kolom fraksinasi untuk proses pemisahan.
  - Untuk menaikan suhu fluida/minyak sesuai dengan kebutuhan dalam mencapai titik thermal reaksi.
  - Untuk menaikan suhu fluida/minyak sesuai dengan kebutuhan dalam mencapai titik reaksi katalis.

- Ditinjau dari fungsi furnace/pemanas yang dikaitkan dengan unit proses maka furnace dapat dibedakan dalam 5 (lima) katagori,yakni:
  - Furnace pemanas umpan kolom fraksinasi.

    Jenis ini paling banyak digunakan didalam unit proses.umpan yang berupa cairan dialirkan ke furnace yang sebelumnya mendapat pemanasan Di heat exchanger umpan dipanaskan sampai suhu tertentu kemudian dialirkan kedalam kolom fraksinasi untuk dipisahkan fraksi-fraksinya.
  - Pemanas Reboiler.

    Jenis ini biasanya di gunakan dengan pertimbangan untuk pemakaian beban yang rendah dan kondisi temperatur yang tidak terlalu kritis.minyak yang akan dipanaskan ditarik dari

bottom kolom dan dipompakan ke furnace,sebagian minyak akan diuapkan di dalam furnace,campuran cairan minyak dan uap dikembalikan ke kolom fraksinasi ,uap-uap kan terkondensasi didalam kolom,melepaskan panas pengembunan dan panas ini akan digunakan untuk menguapkan fraksi ringan .

- Furnace pemanas umpan reaktor.

  Furnace ini digunakan untuk menaikan suhu minyak sampai temperatur reaksinya, dalam hal ini suhu dan tekanan operasi harus diatur sesuai dengan kebutuhan reaksi.

- Furnace pemanas ―Media Pemanas".

  Beberapa unit proses memerlukan pemanasan melalui media pemanas,furnace ini bertujuan memanaskan ―Media Pemanas" yang di sirkulasikan cairan dipanaskan di furnace ,kemudian dialirkan ke heat exchanger dan cairan ini suhunya akan turun/rendah dialirkan ke furnace lagi untuk dipanaskan kembali dan begitu seterusnya .dalam hal ini pemanas tidak mengalami perubhan fase,

- Furnace Reaktor,

  Furnace ini digunakan untuk pemanasan reaksi, dimana reaksi terjadi di dalam tube furnace itu sendiri.

Kemungkinan adanya gangguan dan cara mengatasi gangguan adalah sebagai berikut ;

No	Gangguan	Penyebab gangguan	Cara mengatasi gangguan

1	Burner mati	- Terlalu banyak udara yang di campur dengan bahan bakar.	- Tutup pintu udara primer.
2.	Cerobong berasap	- Banyak fuel yang digunakan tanpa pengaturan udara	- Tambahkan udara. - Tambahkan steam atomizing.
3	Nyala api terlalu pendek Nyala api terlalu panjang		
4	Nyala api putus-putus	- Terlalu banyak udara primer - Terlalu banyak steam atomizing	-Kurangi udara primer. -Kkurangi steam atomizing.
5	Temperatur stack terlalu tinggi. Suhu metal / skin tube terlalu tinggi.	- Terlalu sedikit udara primer. - Terlalu sedikit steam atomizing	- Tambahkan udara primer,kurangi Udara sekunder. - Tambahkan steam atomizing.
6	Flame flash back Bentuk nyala tidak baik	-Draft terlalu rendah. - Aliran fuel oil terlalu sedikit.	- Periksa stack damper. - Fuel oil di tambah.
7	Tidak tercapai suhu yang dikehendaki	- Terlalu banyak udara pembakaran.	- Atur stack damper,udara primer dan udara sekunder.

8		- Lidah api menjalar ke tube. - Permukaan tube kotor.	- Atur nyala api yang baik. - Bersihkan permukaaan tube.
9		- Tekanan fuel gas rendah. - Draft furnace terlalu rendah.	- kurangi/perkecil ukuran ujung burner. - Tambahkan bukaan damper
10		-Terlalu banyak bahan bakar. - Kekurangan udara pembakaran.	- Kurangi bahan bakar. - Tambahkan udara pembakaran.
		- Terlalu sedikit bahan bakar. - Speed / burner tip terlalu kecil.	- Tambahkan bahan bakar. - Perbesar ukuran tip burner.

D. BAGIAN-BAGIAN DAPUR.

Bagian-bagian antara lain :

1. Center wall (Bridge Wall).
   Dibuat dari batu bata tahan api berfungsi untuk membuat arah nyala yang baik dan mengalirnya flue gas ke stack.
2. Stack.
   Berfungsi untuk mengalirkan flue gas hasil dari pembakaran dalam dapur ke luar atmosphere
3. Stack Damper.
   Befungsi untuk mengatur pembuangan flue gas yang akan melewati stack.
4. Jendela Pengamat.(Peep Hole).
   Dipasang pada dinding dapur yang mana kondisi dapur dapat diamati.
5. Explosion Door.
   Pintu yang dapat terbuka bila terjadi ledakan (tekanan dapur naik).
6. Pengatur Udara (Air Rgester).
   Berfungsi untuk mengatur banyaknya udara yang masuk kedalam dapur (mengatur nyala).
7. Tube.
   Berfungsi sebagai tempat aliran fluida yang dipanaskan terbuat dari low molybdenum steel atau low chrom molybdenum steel (tahan terhadap korosi dan mempunyai kekuatan yang cukup).
8. Tube Support.
   Dipasang didinding dapur untuk mensupport tube.

E. REFRACTORY.

Adalah suatu sistim konstruksi didalam dapur yang dibuat sedemikian rupa sehingga baja konstruksi dapur dapat kuat menahan panas atau terhadap api langsung.

Adapun bahan Refrctory ini bila ditinjau dari segi tipe dan bentuknya bermacam-macam.

Pada umumnya Refractory dibedakan atas :

1. Batu tahan api (Fire Brick).
2. Semen / semen Refractory.

Pada dasarnya Refractory terdiri atas bahan –bahan pokok yaitu :

1. Clay (tanah liat)
2. Kaolin
3. Bauxite
4. Silicon Carbide, Graphite
5. Alumina
6. Zircon

Namun komposisi dari bahan-bahan tersebut dalam suatu Refractory tergantung dari jenis dan fungsinya / pemakaian Refractory itu sendiri.

Dalam pemakaian bahan Refractory ini, memerlukan ankur-ankur yang melekat pada dinding dapur, sebagai penahan Refractory, bukan saja dinding, tetapi juga pada atap dan lain bagian agar Refractory tak mudah jatuh. Angkur ini terbuat dari bahan besi cor, stainless steel atau bahan lain yang tahan terhadap suhu tinggi.

Pada pemasangan angkur ini tak boleh memakai bahan dari besi biasa, karena tak akan tahan terhadap suhu tinggi, akibatnya akan melengkung, Refractory akan rusak.

Beberapa jenis Refractory yang banyak dipakai dikilang antara lain :

1. Plicast Refractory.

   Dipakai pada dinidng dapur, atap, stack dll.

Refractory ini tahan pada suhu antara 1100°C sampai dengan 1350°C, sedang beratnya : 720 kg/m^3 sampai dengan 1350 kg/cm^3.

2. Plastic Refractory.

   Dipakai untuk burner lips pada Boiler, karena sifatnya maka Refractory ini dapat dengan mudah dibentuk menurut model dari burner tersebut.

   Tahan terhadap suhu antara 1450°C sampai dengan 1700°C, beratnya antara 2200 kg/m^3 sampai dengan 2700 kg/cm^3.

3. Fire Brick.

   Ada beberapa macam bentuk dan typenya, terutama dipakai pada :

   a. Burner Throut / Lips
   b. Lantai pada dapur / Boiler
   c. Dinding / sekat dalam dapur
   d. Manhole, explotion door dll

F. MACAM-MACAM BURNER.

Burner berfungsi sebagai alat pengabut dan pembakar bahan bakar minyak maupun gas yang akan dibakar kedalam ruang dapur.

Adapun macam-macam burner adalah :

1. Pilot burner.
2. Gas burner
3. Oil burner
4. Combination burner

1. Pilot Burner.

   Burner kecil yang digunakan untuk menyalakan burner yang lebih besar, dengan menggunakan gas sebagai bahan bakarnya.

Mula-mula Pilot burner dinyalakan kemudian burner besar dinyalakan.

2. Gas Burner.

   Gas burner dapat dibedakan menjadi 2 type yaitu :

   a. Burner yang mengadakan pencampuran pendahuluan udara, sebagian atau seluruhnya yang dibutuhkan untuk pembakaran dengan gas didalam dapur.
   b. Burner mengadakan percampuran semua udara dan gas dalam dapur.

   Didalam kebanyakan gas burner industri,udara dari atmospherik ditarik kedalam burner oleh suatu sistim gas jet didalam venturi tube.

   Udara yang dicampur mula-mula dalam burner disebut udara primer, sedang udara yang diperlukan untuk pembakaran selanjutnya yang masuk dibagian burner disebut udara sekunder, Primary air diatur dengan shutters.

   Bila tekanan gas rendah, harus hati-hati, sebab relative didalam gas hanya mengandung energy kecil yang masuk didalam primary air. Kecepatan dari campuran udara-gas harus lebih besar dengan kecepatan penyebaran nyala untuk mencegah fire flash back.

3. Oil Burner.

   Yang perlu diperhatikan ada 3 hal yaitu :

   a. Bahan bakar bila berupa zat cair harus harus dirubah menjadi partikel-partikel kecil (uap) dengan jalan :
      1). Steam atomisasi dengan menggunakan steam tekanan tinggi.

2). Dengan tenaga mekanis yaitu menggunakan tenaga fuel oil itu sendiri.

b. Bahan bakar dan udara harus masuk bersama-sama dengan perbandingan tertentu dan pada waktu suhu penyalaan dan pembakaran. Langkah-langkah dari : mixing, igniting dan burning terjadi dalam waktu yang singkat.

Interval waktu tergantung dari jarak pergerakan, kecepatan dan tipe dari aliran-aliran turbulent yang lebih diinginkan. Sehingga pembakaran yang baik menggunakan 3 T : Time, Temperatur dan Turbulensi.

4. Combination Burner.

Combinasi burner terdiri dari 2 burner yaitu gas burner dan oil burner.

Dikombinasi menjadi 1 unit dimaksudkan agar lebih praktis karena dapat bekerja hanya dengan gas atau oil atau dapat kedua-duanya. Terdapat muffle block yang fungsinya untuk melihat karakteristik dari nyala.

Gambar : 2 - 9

BURNER

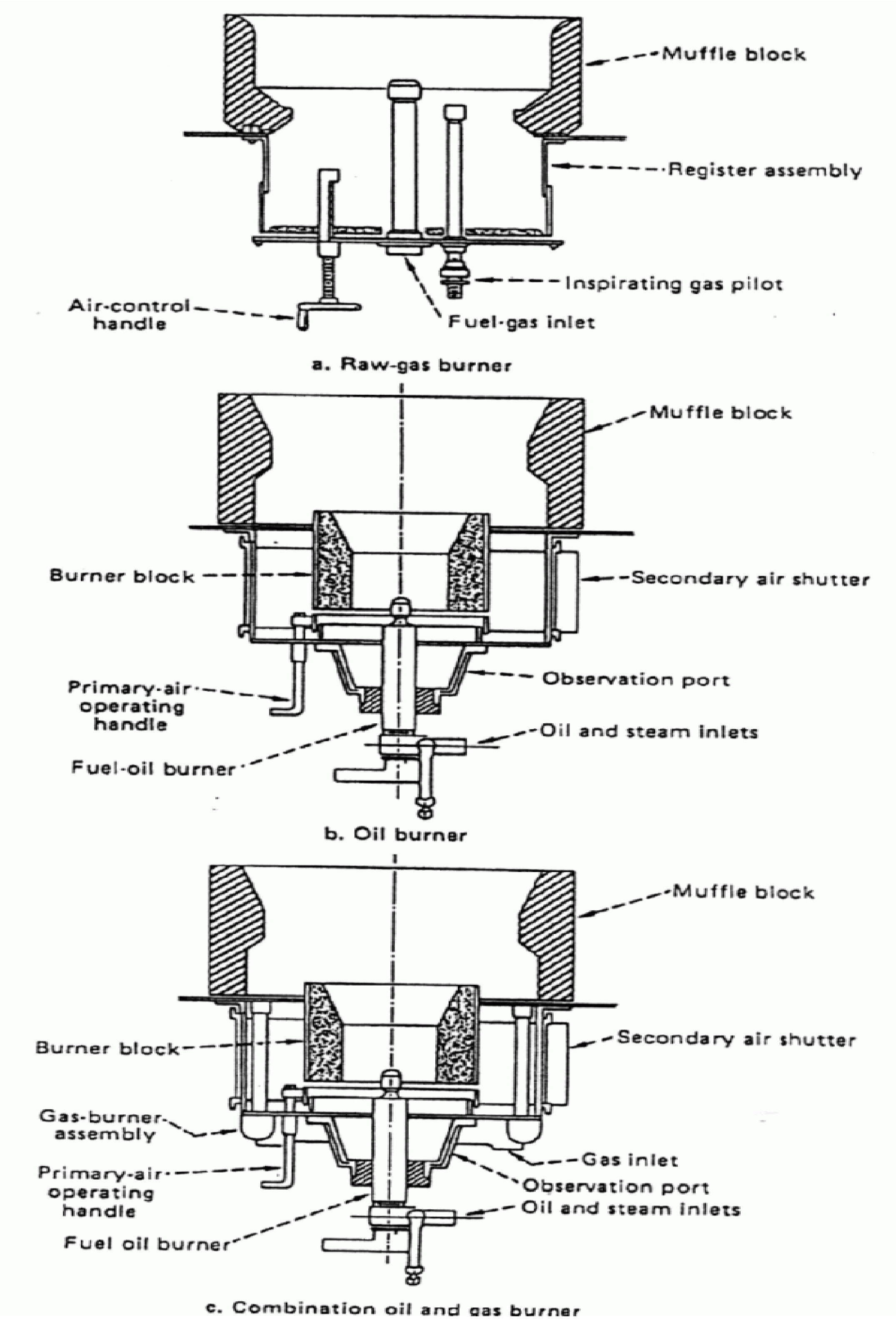


Burner



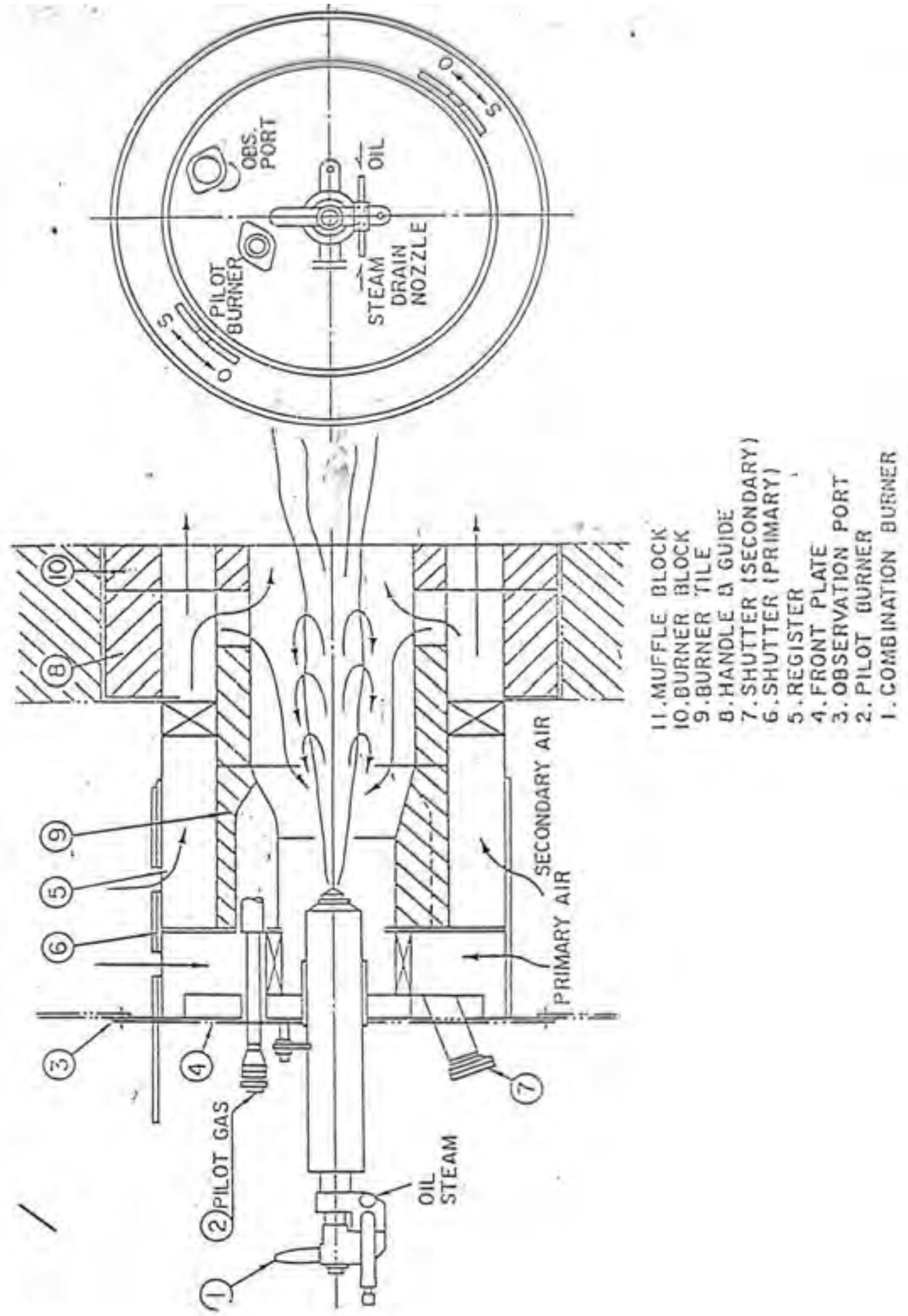
Gambar : 2 - 9

MACAM-MACAM BURNER



Gambar : 2 - 10

BAGIAN-BAGIAN BURNER



G. PERALATAN TAMBAHAN.

Peralatan peralatan lainnya antara lain :

1. Snuffing Steam
2. Soot Blower
3. Air Preheater

1. Snuffing Steam.

   Snuffing Steam ini adalah steam yang dapat dialirkan kedalam dapur yang dapat segera mematikan api, dapat pula digunakan untuk mengusir (purging) gas dalam ruangan pembakaran sebelum menyalakan dapur. Dengan adanya purging steam juga untuk menciptakan draft.

2. Soot Blower

   Dalam operasi yang lama, soot (jelaga) dan persenyawaan-persenyawaan sulfur akan terbentuk (terutama untuk oil burning) yang menyebabkan perpindahan panas menjadi buruk dan akan menurunkan effisiensi dapur.

   Peralatan untuk blow off deposit dengan tekanan steam disebut ”Soot Blower”.

3. Air Preheater.

   Air Preheater digunakan untuk memanaskan udara untuk pembakaran dengan sensible heat dari flue gas yang mengalir ke stack.

H. DRAFT.

Draft adalah beda tekanan antara tekanan atmosfir dengan tekanan didalam dapur.

Draft ada 4 macam yaitu :

1. Natural Draft.
2. Forced Draft.
3. Induced Draft
4. Balanced Draft.

1. Natural Draft.

   Gas hasil pembakaran keluar dapur melalui stack dengan tarikan alam. Gas ini keluar melalui stack akibat adanya perbedaan tekanan dalam dapur dengan tekanan atmosfir.

   Tekanan dalam dapur lebih kecil dibandingkan dengan tekanan atmosfir, akibatnya perbedaan tekanan ini maka udara dari luar untuk pembakaran dapat masuk kedalam dapur dan gas hasil pembakaran keluar dapur melalui stack secara tarikan alam.

2. Forced Draft.

   Udara untuk pembakaran dalam dapur dimasukkan dengan tenaga mekanis yaitu dengan bantuan blower.

   Fungsi blower untuk mengisap udara luar kemudian di hembuskan kedalam dapur untuk pembakaran, sehingga tekanan udara luar dan tekanan udara yang dimasukkan lebih tinggi dari tekanan dalam dapur, maka gas hasil pembakaran akan keluar melalui stack.

3. Induced Draft

   Gas hasil pembakaran keluar melalui stack dengan tarikan blower. Tarikan blower ini menyebabkan tekanan dalam dapur lebih rendah dari tekanan atmosfir.

Akibatnya udara luar untuk pembakaran dapat masuk kedalam dapur.

Rangkuman

- Furnace adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dalam suatu ruangan ke fluida yang dipanaskan melalui tube-tube pembuluh yang berada di sekitar ruang pembakaran furnace tersebut.
- Furnace atau juga disebut dapur dalam proses pengolahan dapat berfungsi sebagai pemanas awal, sebagai reboiler dan juga sebagai pemanas umpan sampai suhu yang diharapkan.
- Furnace macam-macamnya (typenya) antara lain sebagai berikut :
    - Large box type
    - Down Convection.
    - Straight Up
    - A Frame
    - Circular
    - Radiant Wall.
    - Double Up Fired

LATIHAN SOAL :

1. Jelaskan macam-macam dapur ?
2. Jelaskan fungsi stack ?
3. Jelaskan fungsi draft dalam dapur ada berapa macam ?
4. Jelaskan tujuan preheater ?
5. Jelaskan fungsi Snuffing Steam ?

BAB. III
ALAT PENUKAR PANAS (H E)

Setelah mengikuti pembelajaran Bab. III ini para siswa diharapkan dapat menjelaskan fungsi alat penukar panas, macam-macam alat-penukar panas dan bagian-bagian Heat Exchanger

I. UMUM.

Alat penukar panas adalah suatu alat yang digunakan untuk penukaran panas antara panas hasil pembakaran dengan fluida yang dipanaskan, maupun penukaran panas dari fluida panas ke fluida dingin.

Alat penukaran panas dari hasil pembakaran bahan bakar dengan fluida yang dipanaskan yang dilewatkan tube-tube dalam ruang bakar yang disebut dengan dapur (furnace) sedangkan penukaran panas antara fluida panas dengan umpan dimana fluida panas dari produk panas dari hasil pengolahan, alat penukaran panas tersebut disebut Heat Exchanger dan alat perpindahan panas antara produk dengan bahan pendingin lain disebut cooler dan condensor.

Bahan ajar ini akan membahas alat penukar panas yaitu Heat Exchanger, cooler dan condenser.

B. KLASIFIKASI ALAT PENUKAR PANAS.

Alat penukar panas diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Menurut arah alirannya
2. Menurut Fungsinya.
3. Menurut Bentuknya

4. Menurut Konstruksi

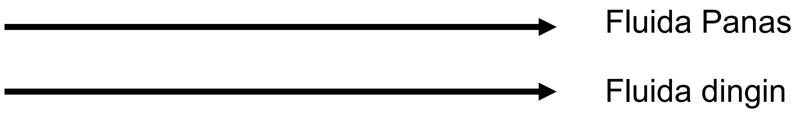
1. **Menurut Arah aliran.**

   a. **Aliran Paralel atau searah (Co Current)**

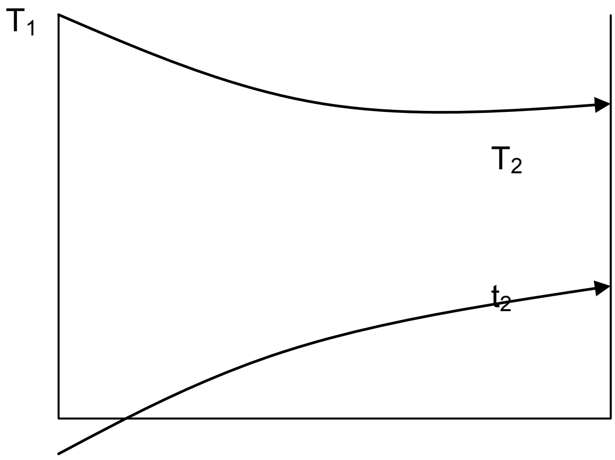
   Fluida panas dalam tube mengalir searah dengan fluida yang dipanaskan diluar tube (shell). Perpindahan pada jenis ini relatif kecil karena fluida yang telah berubah suhunya akan mengalir pada posisi tempat dan arah yang sama.

Gambar : 3 – 1

ALIRAN SEARAH (PARALLEL FLOW)



Aliran Searah (Parallel Flow).



t_1

$T_1 > T_2$

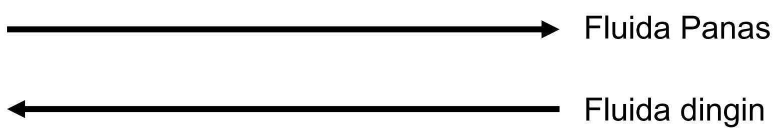
$t_2 > t_1$

b. Aliran Berlawanan Arah (Counter Current)

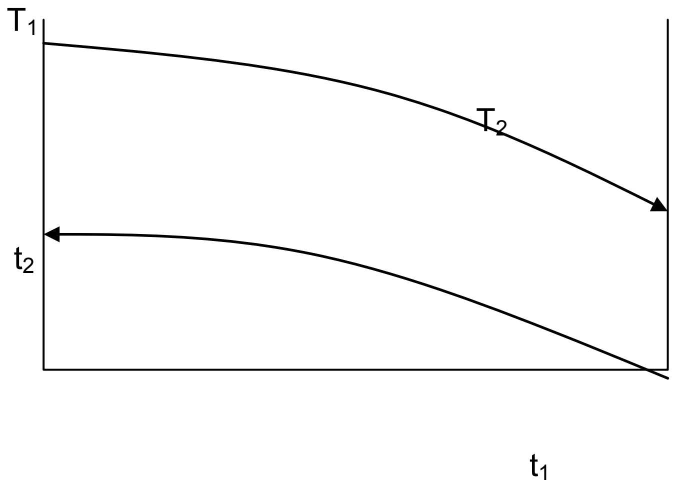
Arah aliran jenis ini, fluida panas dalam tube mengalir berlawanan arah dengan fluida yang dipanaskan diluar tube. Perpindahan panas jenis ini sangat baik sebab kedua fluida saling menukar panas sepanjang aliran dalam peralatan tersebut. Jenis aliran ini banyak digunakan pada alat penukar panas.

Gambar : 3 – 2

ALIRAN BERLAWANAN ARAH (COUNTER CURRENT)



Aliran yang Berlawanan (Counter Current)



$T_1 > T_2$

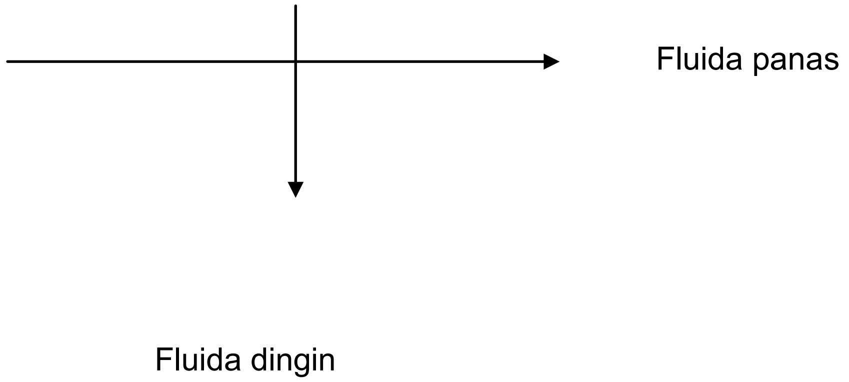
$t_2 > t_1$

c. **Arah Aliran Melintang (Cross Flow)**

Arah aliran ini, fluida dalam tube didinginkan dengan arah melintang oleh fluida yang didinginkan. Untuk jenis aliran ini biasanya menggunakan Finned Tube dan banyak dipakai fin fan dengan pendingin udara. Perpindahan panas yang terjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan arah aliran berlawanan.

Gambar : 3 – 3

ARAH ALIRAN MELINTANG (CROSS FLOW)



2. Menurut Fungsinya.

a. Cooler.

Mendinginkan liquid atau gas-gas dengan water, tetapi dapat pula dengan udara dalam air cooler (panas yang terjadi adalah panas sensible).

b. Condensor

Mengembunkan uap atau campuran uap, panas yang digunakan panas latent.

c. Partial Condensor.

Mengembunkan hanya sebagian dari total uap yang masuk, liquid hasil kondensasi dipakai sebagai reflux (pada puncak kolom).

d. Heater

Memanaskan fluida atau memberikan sensible heat pada liquid atau gas dengan condensing steam.

e. Heat Exchanger

Menjalankan dua fungsi :

1). Memanaskan fluida dingin dan

2). Menggunakan fluida panas yang didinginkan.

Hampir tidak ada loses dari panas yang ditransfer.

f. Chillller

Mendinginkan fluida pada suhu yang rendah (rendah sekali) dengan dengan menggunakan : water, Refrigerant (propan, amoniak dll)

g. Super Heater

Memanaskan uap diatas suhu saturation.

h. Reboiler

Dihubungkan didasar kolom fraksinasi untuk memperlengkapi pendidihan. Heating medium dapat steam atau hot process fluida.

1). Thermosiphon Reboiler atau Natural Circulation.

Sirkulasi alami dapat diperoleh dengan mempertahankan heat yang cukup dari liquid untuk memperlengkapi sirkulasi.

2). Forced Circulation Reboiler.

Digunakan pompa untuk memasukkan liquid kedalam Reboiler.

3. Menurut Bentuknya.

a. Shell and Tube Exchanger.
Suatu heat exchanger dengan pipa yang besar (shell) berisi beberapa tube yang kecil. Shell and tube exchanger lebih banyak digunakan karena perpindahan panasnya relatif cukup besar.

GAMBAR : 3 – 4

SHELL AND TUBE EXCHANGER



b. Double Pipe Heat Exchanger.
Suatu heat exchanger dengan suatu pipa berada dalam pipa lain yang lebih besar yang consentric atau beberapa pipa kecil dalam pipa besar. Untuk memperbesar permukaan perpindahan panas, biasanya bagian luar pipa kecil dipasang fin disekeliling bagian luar pipa (fins tube).

c. Box Cooler.
   Suatu bentuk heat exchanger dengan suatu susunan pipa coil atau beberapa bundle pipa dimasukkan kedalam box yang berisi air.

d. Air Cooler Exchanger (Fin Fan)
   Fungsinya menurunkan temperatur tanpa perubahan fase dengan menggunakan udara sebagai media pendingin.

e. Tube Flow
   Suatu alat heat exchanger terdiri dari pasangan tube yang bagian luarnya saling berhubungan dengan fin fluida yang satu mengalir pada tube yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir pada pasangan tube yang tadi secara berlawanan arah.

5. **Menurut Konstruksinya.**

Tabel : 3 – 1

MENURUT KONSTRUKSI

No.	Type Design	Hal-Hal yang Penting	Penggunaan.
1.	Fixed Tube Sheet	Ke – 2 tube sheet tepat pada shell	Condensor, Liquid-liquid, Gas liquid, Cooling, Heating, Horizontal atau vertical Reboilling
2.	Floating Head	Satu tube sheet ―floats" dalam shell, tube sheet yang lain tepat pada shell	Untuk perbedaan suhu agak tinggi > 200°F dapat digunakan untuk fluida yang kotor bentuk-bentuk vertikal dan horizontal.
3.	U-Tube U Bandle	Hanya ada satu tube sheet tepat pada shell, bentuk yang lain U	Dapat digunakan perbedaan suhu tinggi, vertikal horizontal mudah dibersihkan.
4.	Ketel	Shell membesar untuk memudah kan pendidihan dan penguapan.	Relatif mempunyai perpindahan panas yang kecil terutama baik untuk fluida yang bertekanan

5.	Double Pipe	Tiap-tiap tube mempunyai shell sendiri-sendiri yang dapat membentuk ruangan anulus.	tinggi dalam tube, tekanan bisa > 400 psig. Untuk kondensasi
6.	Pipe Coil	Pipe coil yang dicelupkan dalam box berisi water	

GAMBAR : 3 – 5

HEAT EXCHANGER





C. KOMPONEN UTAMA HEAT EXCHANGER.

Komponen utama Heat Exchanger antara lain :

1. Stationary Head – Channel.
   Berfungsi sebagai tempat masuk atau keluarnya zat alir pada bagian tube (tube side).

2. Channel Cover.

   Berfungsi sebagai penutup channel yang dapat dibuka pada waktu dilakukan perbaikan atau pembersihan tube.

3. Stationary Head Nozzle

   Lubang yang berfungsi sebagai jalan masuk atau keluarnya zat alir pada bagian tube.

4. Stationary Tube Sheet

   Befungsi sebagai tempat/dudukan tube atau tube bundle pada shell.

5. Tube.

   Merupakan media penghantar panas antara zat alir panas dengan zat alir dingin.

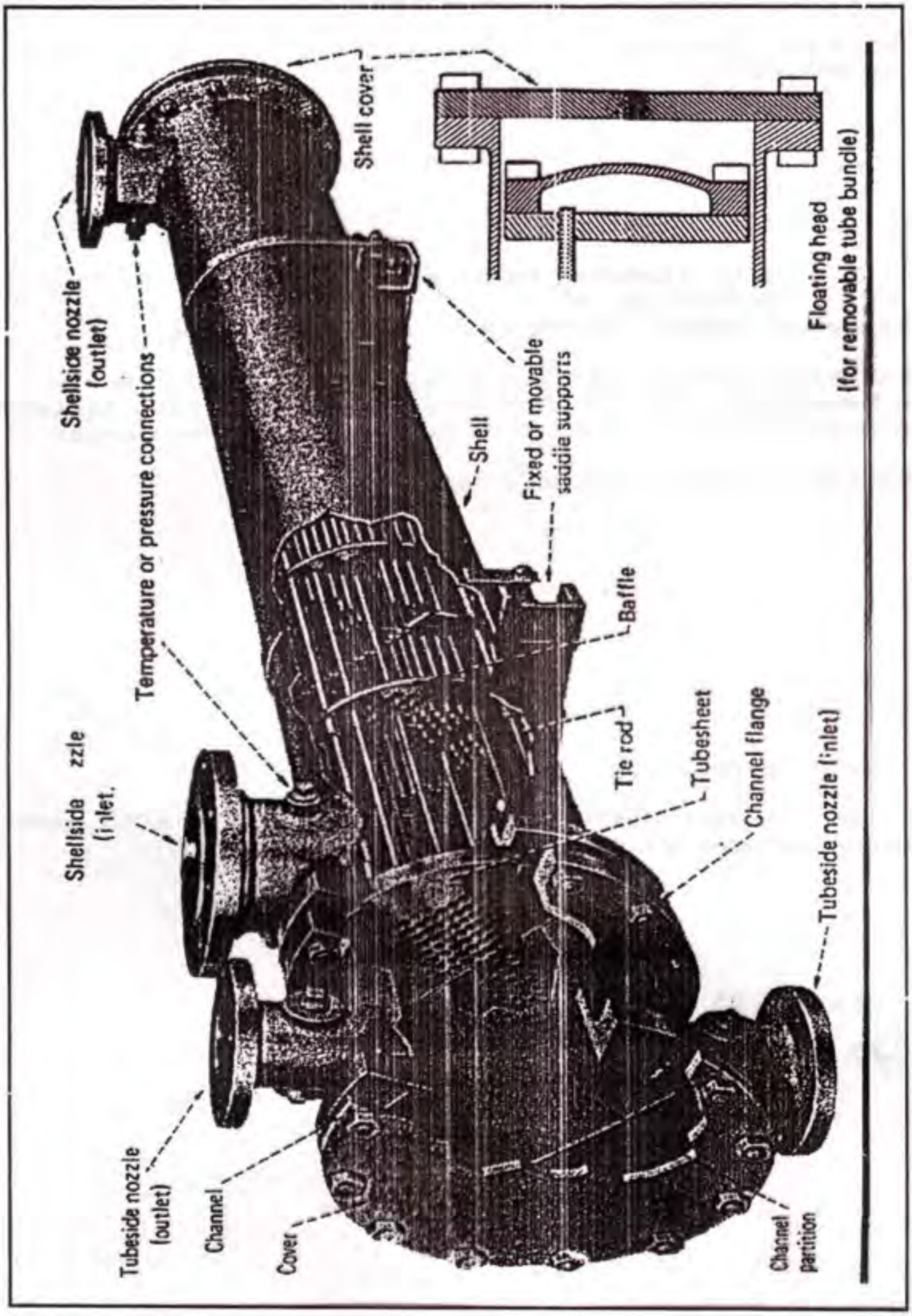
   Ada 2 (dua) macam tipe tube yaitu :

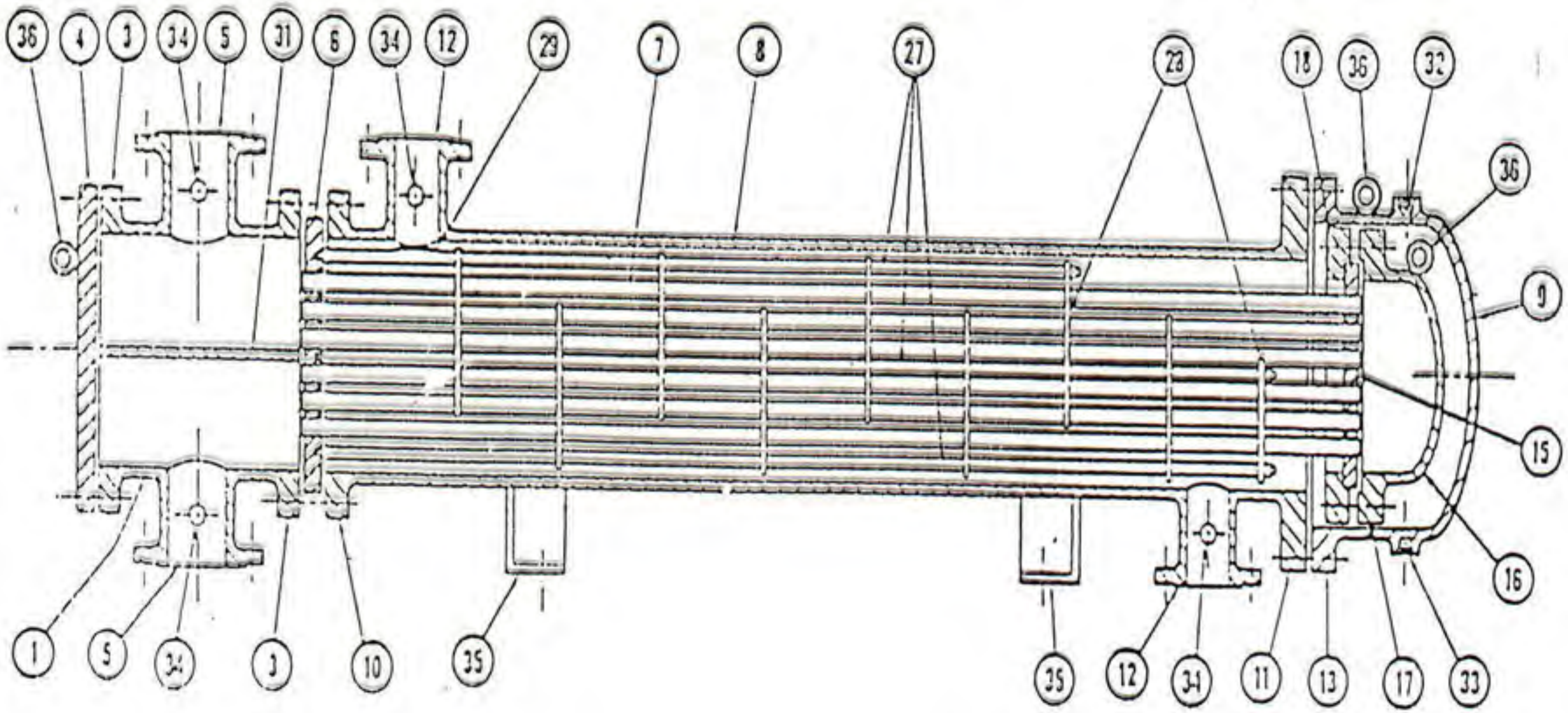
   a. Tube polos (bare tube atau plain tube)
   b. Tube bersirip (finned tube)

   Faktor-Faktor yang Perlu diperhatikan dalam Pemasangan Tube :

   a. Tahan terhadap korosi, erosi serta tekanan kerja.
   b. Tidak terpengaruh adanya perubahan suhu yang akan menyebabkan perubahan pada tube.
   c. Dapat dilepas dan dipasang sewaktu mengadakan perbaikan.

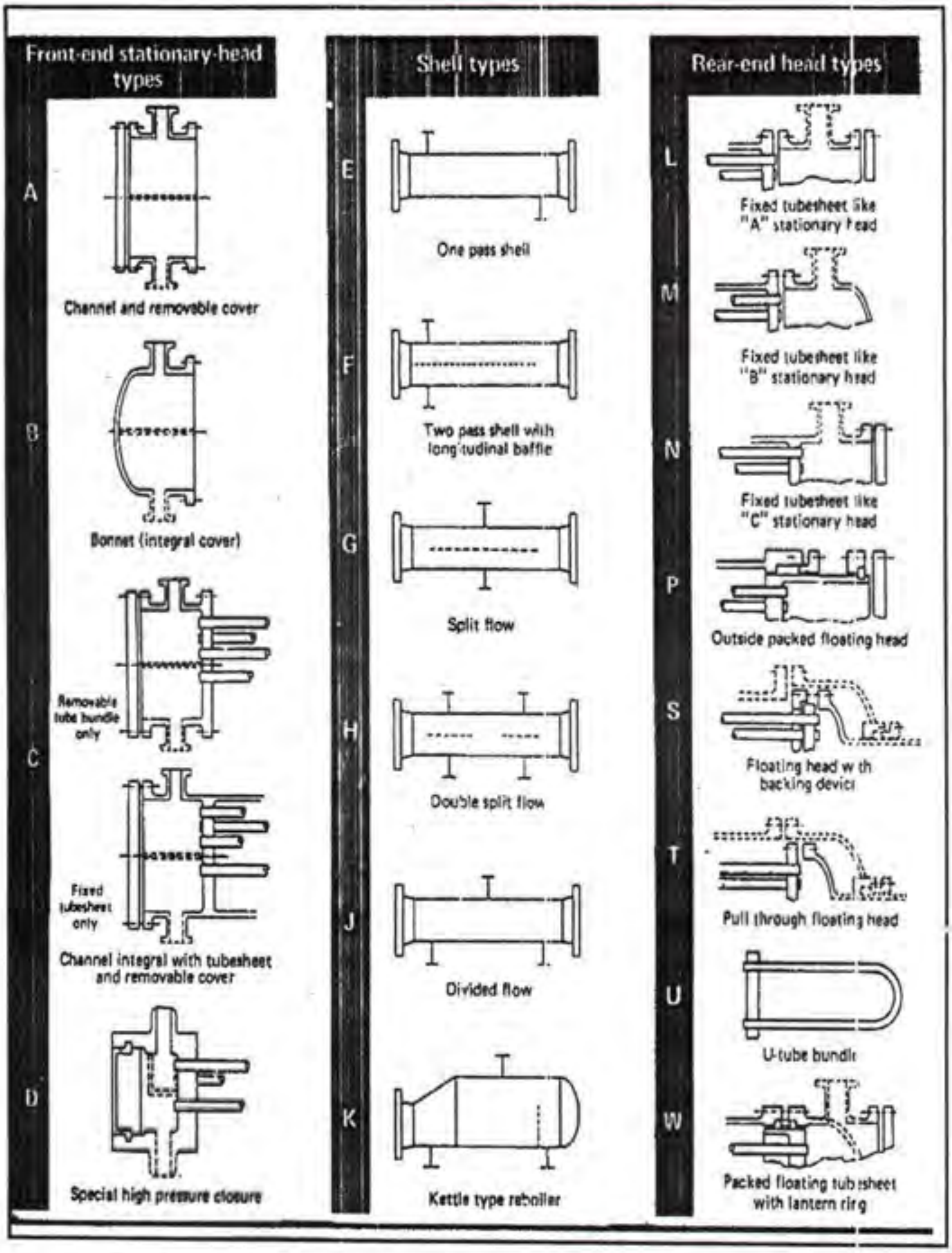
GAMBAR : 3 – 6 KOMPONEN HEAT EXCHANGE


Shellside nozzle (outlet)
Temperature or pressure connections
Shellside zzle
Shell cover
Shell
Fixed or movable saddle supports
Baffle
Tie rod
Tubesheet
Channel flange
Tubeside nozzle (inlet)
Floating head (for removable tube bundle)
Tubeside nozzle (outlet)
Channel
Cover
Channel partition



1-PASS SHELL, 2-PASS TUBE EXCHANGER

1. Stationary Head–Channel
2. Stationary Head–Bonnet
3. Stationary Head Flange–Channel or Bonnet
4. Channel Cover
5. Stationary Head Nozzle
6. Stationary Tubesheet
7. Tubes
8. Shell
9. Shell Cover
10. Shell Flange–Stationary Head End
11. Shell Flange–Rear Head End
12. Shell Nozzle
13. Shell Cover Flange
14. Expansion Joint
15. Floating Tubesheet
16. Floating Head Cover
17. Floating Head Flange
18. Floating Head Backing Device
19. Split Shear Ring
20. Slip-on Backing Flange
21. Floating Head Cover–External
22. Floating Tubesheet Skirt
23. Packing Box Flange
24. Packing
25. Packing Follower Ring
26. Lantern Ring
27. Tie Rods and Spacers
28. Transverse Baffles or Support Plates
29. Impingement Baffle
30. Longitudinal Baffle
31. Pass Partition
32. Vent Connection
33. Drain Connection
34. Instrument Connection
35. Support Saddle
36. Lifting Lug
37. Support Bracket
38. Weir
39. Liquid Level Connection



Gambar Bagian-bagian Heat Exchanger Menurut Standar TEMA

Gambar : 3 – 7

BAGIAN-BAGIAN HEAT EXCHANGER MENURUT STANDAR TEMA

D. TIE RODS :

Merupakan sebatang besi bulat yang mempunyai ulir pada kedua ujungnya dan ditempatkan pada Tube Sheet yang berguna untuk :

1. Mempertahankan panjang Tube selalu antara kedua tube sheet.
2. Mempertahankan jarak antara Baffle Plate.
3. Menjaga dan Mempertahankan sambungan Tube tidak mengalami perubahan bentuk sewaktu diadakan pengankatan atau pengeluaran Tube Bandle pada waktu perbaikan.

Pemasangan Tie Rods ditentukan dengan standard sebagai berikut :

Tabel : 3 – 2

TIE ROD STANDARD

(All Dimensions in Inches)

Nominal Shell Diameter	Tie Rod Diameter	Minimum Number of Tie Rod
6 – 15	¼	4
16 – 27	3/8	6
28 – 33	½	6
34 – 48	½	8
49 – 60	½	10

E. FLUIDA YANG DILEWATKAN TUBE/SHELL (DALAM HE).

1. Fluida yang kotor dilewatkan pada :
   a. Melalui tube karena dapat dengan mudah dibersihkan.
   b. Melalui shell bila tube sukar dibersihkan atau adanya sejumlah besar dari coke atau peruntuhan ada yang dapat terkumpul di shell dan dapat dikeluarkan melalui tempat pembuangan pada shell.
2. Fluida yang bertekanan tinggi, korosif dan water dilewatkan melalui tube karena corrosion Resistance tube relatif lebih murah juga kekuatan dari tube lebih besar dari pada shell.
3. Fluida yang mempunyai volume yang lebih besar (uap, gas) dilewatkan melalui shell karena cukup adanya ruangan.
4. Fluida yang mempunyai volume lebih kecil dapat dilewatkan melalui shell dengan memasang cross buffle yang dapat digunakan untuk menambah transfer tanpa menghasilkan kelebihan pressure drop.
5. Bila pressure drop yang rendah dapat dilewatkan shell.
6. Fluida yang viscos yang mempunyai low transfer dapat dilewatkan melalui shell karena dapat digunakan cross buffle.
7. Dalam fine tube Equipment, fluida bertekanan tinggi, kotor, korosif dapat dilewatkan pada tube karena lebih murah dan dapat dibesihkan dan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dari pada bagian luar fin tube

F. MACAM-MACAM ENDAPAN (KOTORAN) YANG DAPAT TERJADI DI HEAT EXCHANGER JENIS SHELL AND TUBE .

1. Hard Deposit.

Misal : water scale, corrosion scale, hard coke dll

Tebal deposit ini akan bertambah dengan bertambahnya waktu, deposit type ini tidak dapat dihilangkan dengan blowing steam atau flashing dengan air panas.

Untuk menghilangkan deposit ini dapat dengan beberapa cara antara lain :

a. Dry sand blasting.
b. Chemical methodes of cleaning
c. Dengan brushes (sikat)
d. Thermal shock Treatment (dibakar)

2. Porous Deposit (Berpori-Pori Endapannya)

Endapan ini sering terdiri dari material-material yang sama sering membentuk hard deposit sehingga kadang-kadang susah dihilangkan begitu saja dengan blowing steam.

Pembersihan dilakukan antara lain :

a. Wet sand blasting.
b. Chemical methodes of cleaning
c. Thermal shock treatment

3. Louse Deposit.

Kotoran lumpur, daun-daun, vegetable, fiber plastik dll.

Pembersihannya dapat mudah dengan memakai steam.

Pembersihannya antara lain :

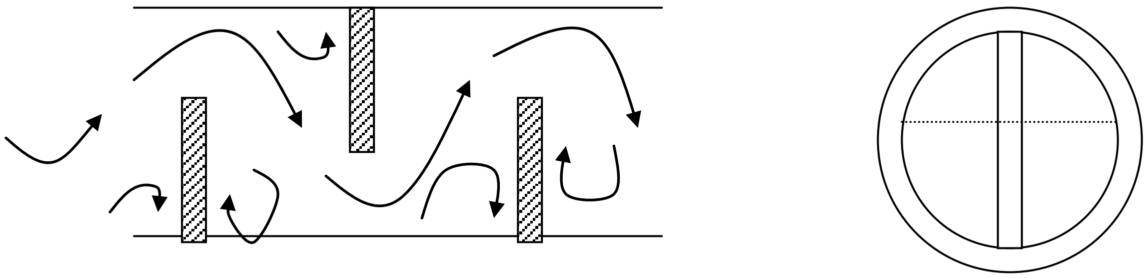
a. Stripping dengan steam.
b. Wet sand blasting
c. Flushing dengan hot water.

G. BAFFLE

Baffle digunakan untuk membuat aliran menjadi turbulen pada bagian luar tube.

Gambar : 3 – 8

CROSS BAFFLE

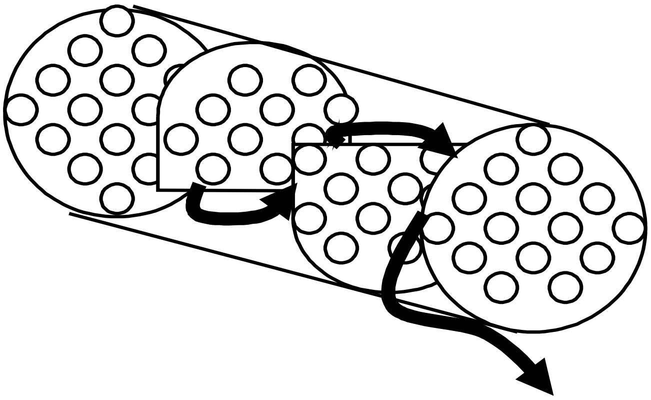


Macam-macam Buffle :

1. Horizontal Cut Segmental Buffle.

Gambar : 3 – 9

HORIZONTAL CUT SEGMENTAL BAFFLE

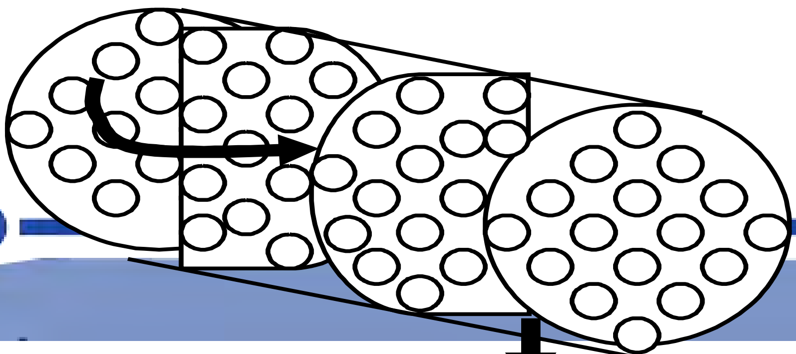


a. Baik untuk semua phase gas atau semua fase liquid dalam shell.
b. Bila ada dissolved gas dalam liquid yang dapat dilepaskan dalam HE, maka diberi NOTCHES pada Buffle.

2. Vertical Cut Segmental Buffle.

Gambar : 3 – 10

VERTICAL CUT SEGMENTAL BUFFLE

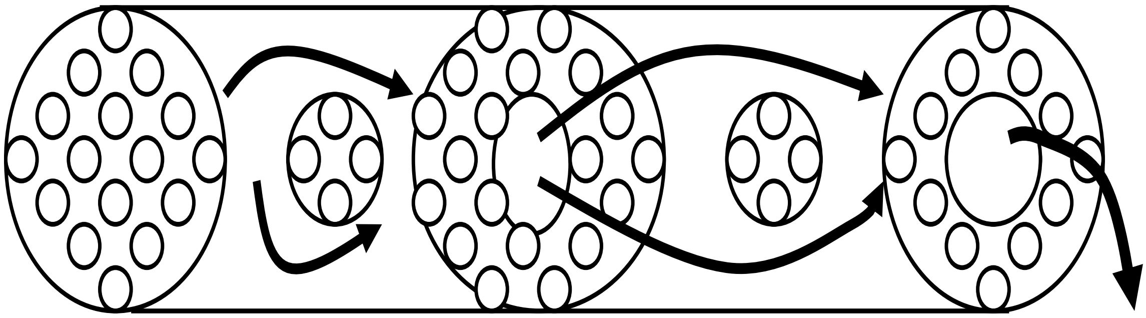


a. Baik untuk liquid yang membawa suspended matter atau dengan heavy fouling fluids.

3. Disc & Doughnut Buffle.

Gambar : 3 – 11

DISC & DOUGHNUT BUFFLE

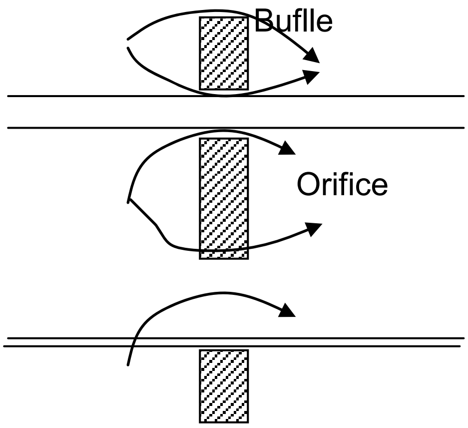


a. Fluida harus bersih bila tidak akan terbentuk sedimen dibelakang doughnut.
b. Kurang baik sebab bila ada disolved gas yang dilepas tak bisa dilepaskan melalui top dan doughnut atau bila ada condersable-condersable liquid tak dapat didrain tanpa large parts pada doughnut.

4. Orifice Buffle

Gambar : 3 – 12

ORIFICE BAFFLE

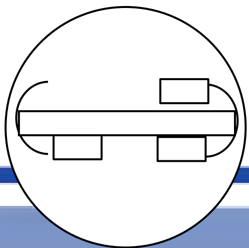


a. Jarang digunakan karena terdiri dari full circular plate dengan lubang-lubang untuk semua tube.

5. Longitudinal Buffle

Gambar : 3 – 13

LONGITUDINAL BUFFLE



a. Digunakan pada sh ide tuk membagi aliran pada shell menjadi 2 atau beberapa bagian untuk memberikan kecepatan yang lebih tinggi untuk perpindahan panas yang lebih baik.

H. PENGATURAN TUBE DALAM SHELL

Gambar : 3 – 14

TUBE



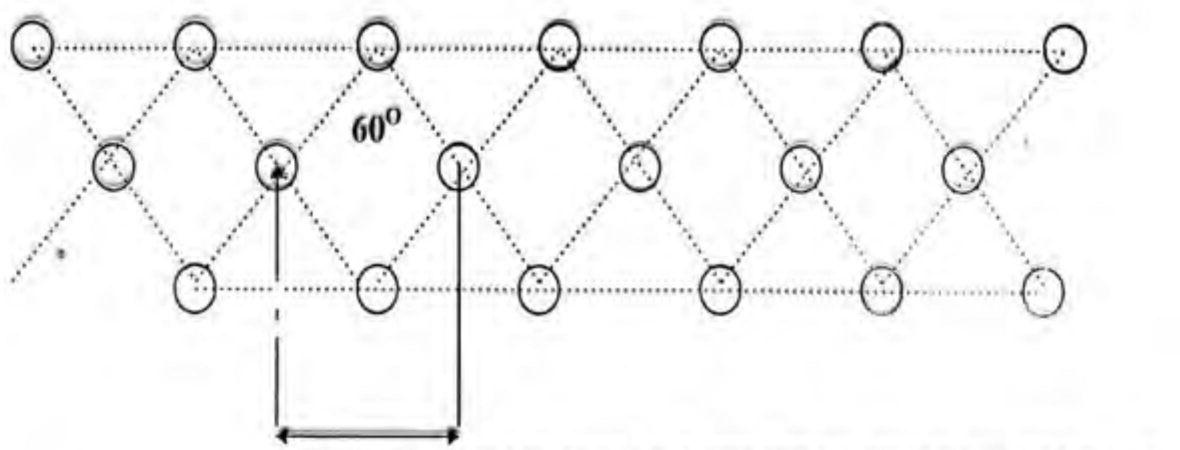




1. Triangular Pitch (Apex Vertical)

Gambar : 3 – 15

TRIANGULAR PITCH (APEX VERTICAL)



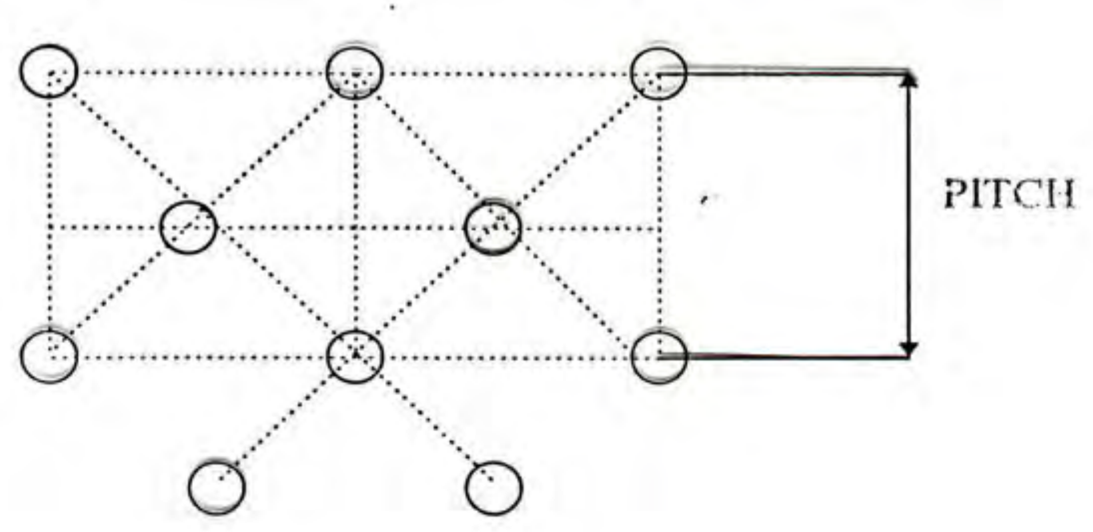
PITCH = JARAK ANTARA CENTRAL TUBE KE CENTRAL TUBE

a. Sangat umum, baik untuk non fouling atau fouling service.
b. Press drop medium dan hight press drop.
c. Perpindahan panas lebih baik dari pada in line square pitch.

2. In LineTriangular Pitch (Apex Horizontal)

Gambar : 3 – 16

IN LINETRIANGULAR PITCH (APEX HORIZONTAL)

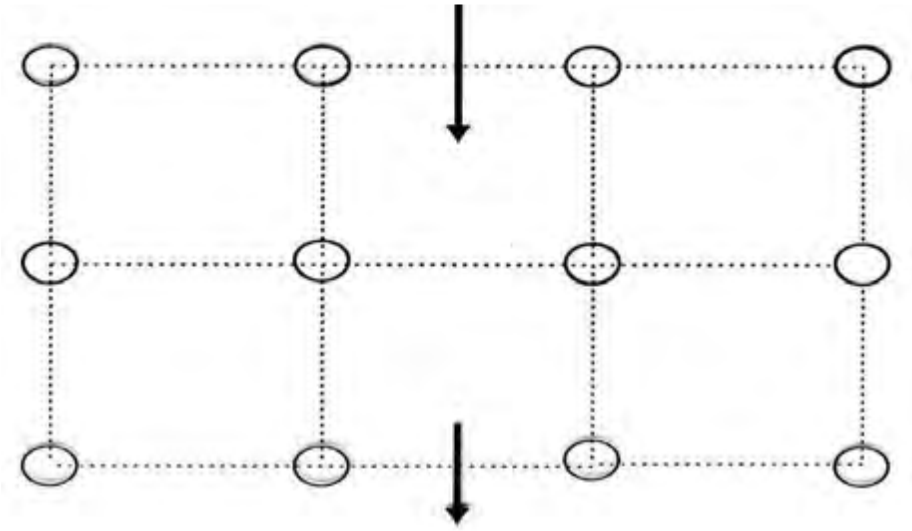


a. Tak begitu populer seperti traingular pitch.
b. Koeffisien perpindahan panas tak begitu tinggi tetapi lebih baik dari pada in line square pitch.
c. Baik untuk fouling condition.

3. In Line Square Pitch.

Gambar : 3 – 17

IN LINE SQUARE PITCH

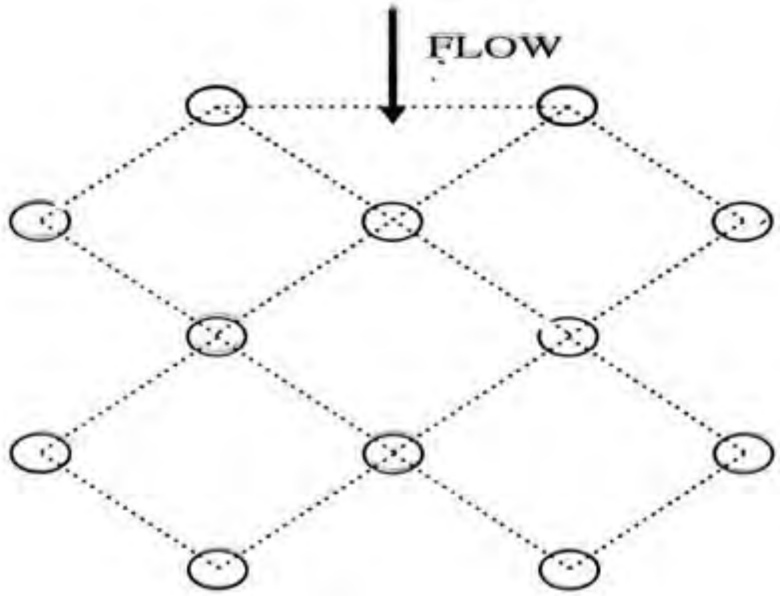


a. Baik untuk kondisi pressure drop rendah.
b. Koeffisien perpindahan panas lebih rendah dari pada triangular pitch.

4. Diamond Square Pitch.

Gambar : 3 – 18

DIAMOND SQUARE PITCH



a. Populer untuk pengaturan pressure drop rendah (tidak serendah in line square pitch).
b. Mempunyai koeffisien perpindahan panas lebih baik dari pada in line square pitch.

KERUSAKAN DARI HE & CARA MENGATASINYA.

1. **Kerusakan dari Shell.**

   Kerusakan shell disebabkan korosi dan erosi oleh fluida yang melewati shell. Kerusakan sering terjadi disekitar buffle dan nozle sehingga memungkinkan akan terbentuk lubang pada shell.

Penyebabnya : korosi disebabkan oleh fluida dan terbentuknya scale.

Pencegahnya :

a. Bila kerusakan hanya sebagian lakukan seal welding pada bagian-bagian yang rusak.
b. Bila korosi terjadi pada daerah yang luas, repair dengan plastik lining atau metallizing.
c. Bila terjadi lubang/korosi yang berat, lakukan patch welding (sumbat dengan las) pada bagian yang rusak atau potong bagian shell yang rusak.

2. Kerusakan dari cover, Chanel (dari Cooler, Condensor).

Oleh korosi dengan air laut.

Misal : terbentuk pin holes (lubang jarum), disebabkan karena galvanis corrosion. Galvanis corrosion disebabkan karena ada logam berbeda potensialnya saling bersinggungan dalam cairan electrolit (pengkaratan karena singgungan).

Penyebab-penyebabnya :

a. Primer
b. Secunder.

a. Penyebab Primer/

1). Pemilihan material yang tidak sesuai.
2). Material yang tidak cukup mengalami surface treatment, yaitu tidak mengalami curing dan drying karena kondisi cuaca.

b. **Penyebab Secunder :**

1). Steaming yang berlebihan pada waktu start atau pada waktu operasi.
2). Perubahan suhu yang dratis selama operasi.
3). Jumlah cooling water telah turun secara besar-besaran selama operasi.

Pencegahannya.

a. Harus dipahami betul-betul tentang kekorosifan, suhu, kecepatan aliran, tekanan dari fluida yang digunakan pada operasi HE.
b. Harus dimengerti betul-betul sifat-sifat material yang tahan terhadap korosi.
c. Pembuatan di pabrik seharusnya mudah sehingga repair mudah dilakukan ditempat tersebut.

Antara lain dapat dilakukan pencegahannya :

a. Plastic lining.
b. Zine coating
c. Metallizing
d. Ceramic coating, glass lining dll.

3. **Kerusakan pada Tube Sheet**

Disebabkan terutama oleh korosi.

a. Dengan terjadinya korosi akan mengakibatkan kebocoran dan akan terjadi kontaminasi.

b. Suhu fluida tinggi dan aliran fluida pelan juga akan terjadi korosi.

Pencegahannya dilakukan dengan plastik lining atau metallizing.

4. Kerusakan Pada Tube.

a. Kebocoran dikarenakan longgarnya tube sheet dan tube expansi.
b. Karena terbentuknya tube deposit yang disebabkan karena korosi.
c. Harga pH dari air laut yang tidak sesuai.
d. Adanya zat-zat yang menyebabkan korosi misalnya HCl, H_2SO_4, desolved oksigen terkandung dalam air laut dalam jumlah besar.

Mengatasinya.

Bila tube dekat inlet atasi dengan menggunakan PVC (Poly Venyl Chlorida) dimana digunakan kira-kira 10-20 cm dari inlet fluid pada tube.

5. Menghindari Pengkaratan Karena Singgungan.

a. Penggunaan isolasi pada kontak antara dua lubang isolasi tersebut dapat : plastik, karet, kulit.
b. Dengan isolasi cat.
c. Pembalutan dengan logam pada dua permukaan.

COOLER DAN CONDENSOR.

Cooler adalah suatu alat pendingin liquid maupun gas dari suhu tinggi ke suhu rendah tanpa adanya perubahan fase, sedangkan Condensor adalah suatu alat yang berfungsi sebagai perubah fase dari uap/gas menjadi liquid/cair.

Walaupun secara umum cooler dan condensor dari segi fisik sama tetapi dari tugasnya berbeda.

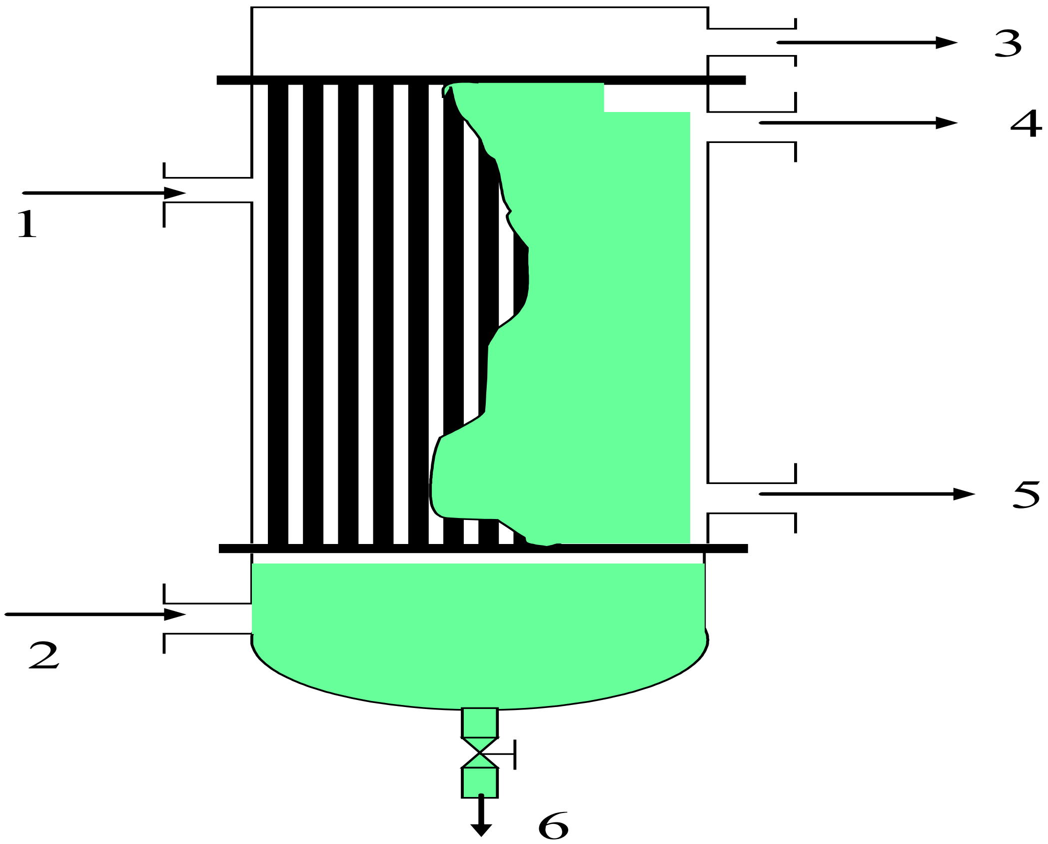
Namun kenyataannya cooler dan condensor dapat berfungsi sama karena dalam industri migas zat-zat yang didinginkan dan diembunkan campuran yang sangat komplek dan mempunyai titik embun yang berbeda-beda sehingga didalam cooler dan condensor akan terjadi penurunan suhu maupun perubahan fase.

Sebagai bahan pendingin daricooler maupun condensor biasanya menggunakan air permukaan (laut dan sungai) dan dapat pula menggunakan udara sekitar kita.

1. **Bagian-Bagian Cooler dan Condensor.**

Gambar : 3 – 19

COOLER ATAU CONDENSOR



KETERANGAN :

1. Saluran uap masuk.
   Saluran uap masuk adalah saluran masuknya umpan (bahan) yang akan didinginkan yang dapat berupa uap atau cairan.

2. Saluran air pendingin masuk.
   Saluran air pendingin masuk adalah saluran air akan digunakan sebagai media pendingin untuk cooler atau condenser.

3. Saluran air pendingin keluar.

   Saluran air pendingin keluar adalah saluran air yang telah digunakan sebagai media pendingin untuk cooler atau condenser, air ini suhunya akan lebih tinggi dibandingkan suhu air masuk tetapi akan lebih rendah dibandingkan suhu minyak yang keluar dari cooler atau condensor.

4. Saluran uap tidak mengembun keluar.

   Saluran uap yang tidak mengembun keluar adalah saluran untuk memisahkan uap atau gas yang mampu diembunkan ini pasti akan terjadi karena komponen minyak yang sangat komplek dan mempunyai titik embun yang beraneka ragam.

5. Saluran cairan keluar

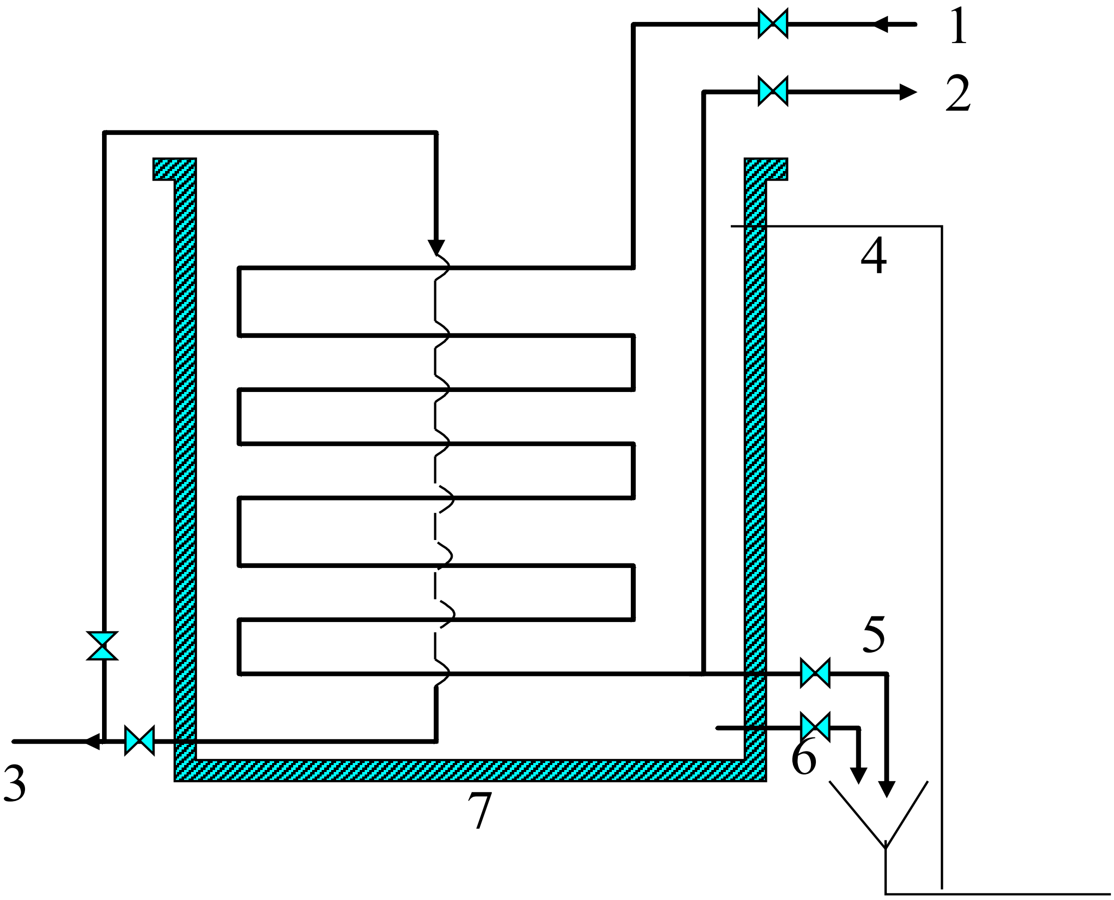
   Saluran cairan keluar adalah saluran keluarnya hasil pengembunan atau pendinginan (bahan) yang telah didinginkan suhunya akan lebih rendah suhu umpan (bahan) masuk ke cooler atau condenser.

6. Saluran buangan air.

   Adalah saluran untuk membuang air pendingin dari cooler atau condenser atau disebut drain digunakan untuk membuang air pendingin yang ada dalam alat tersebut bila akan dilakukan cleaning (pembersihan) ataupun bila cooler dan condenser akan diperbaiki.

Gambar : 3 – 20

COOLER TYPE BOX



KETERANGAN :

1. Minyak panas masuk
2. Minyak dingin keluar
3. Air pendingin masuk
4. Air pendingin keluar
5. Saluran buangan minyak
6. Saluran buangan air
7. Dinding box cooler

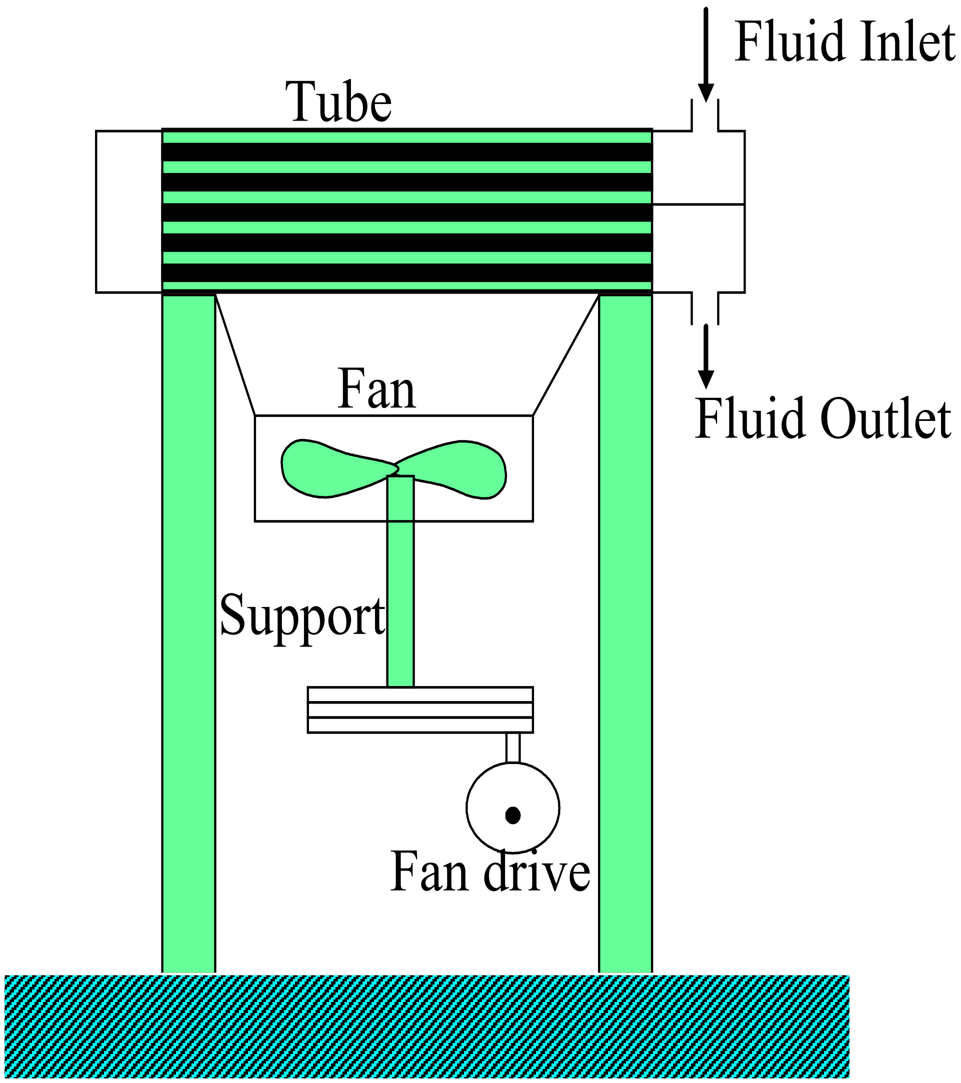
2. **Cooler dan Condensor dengan pendingin udara**

   Cooler atau condensor dengan menggunakan pendingin udara ada 2 (dua) type yaitu :

   a. Forced Draft
   b. Induced Draft

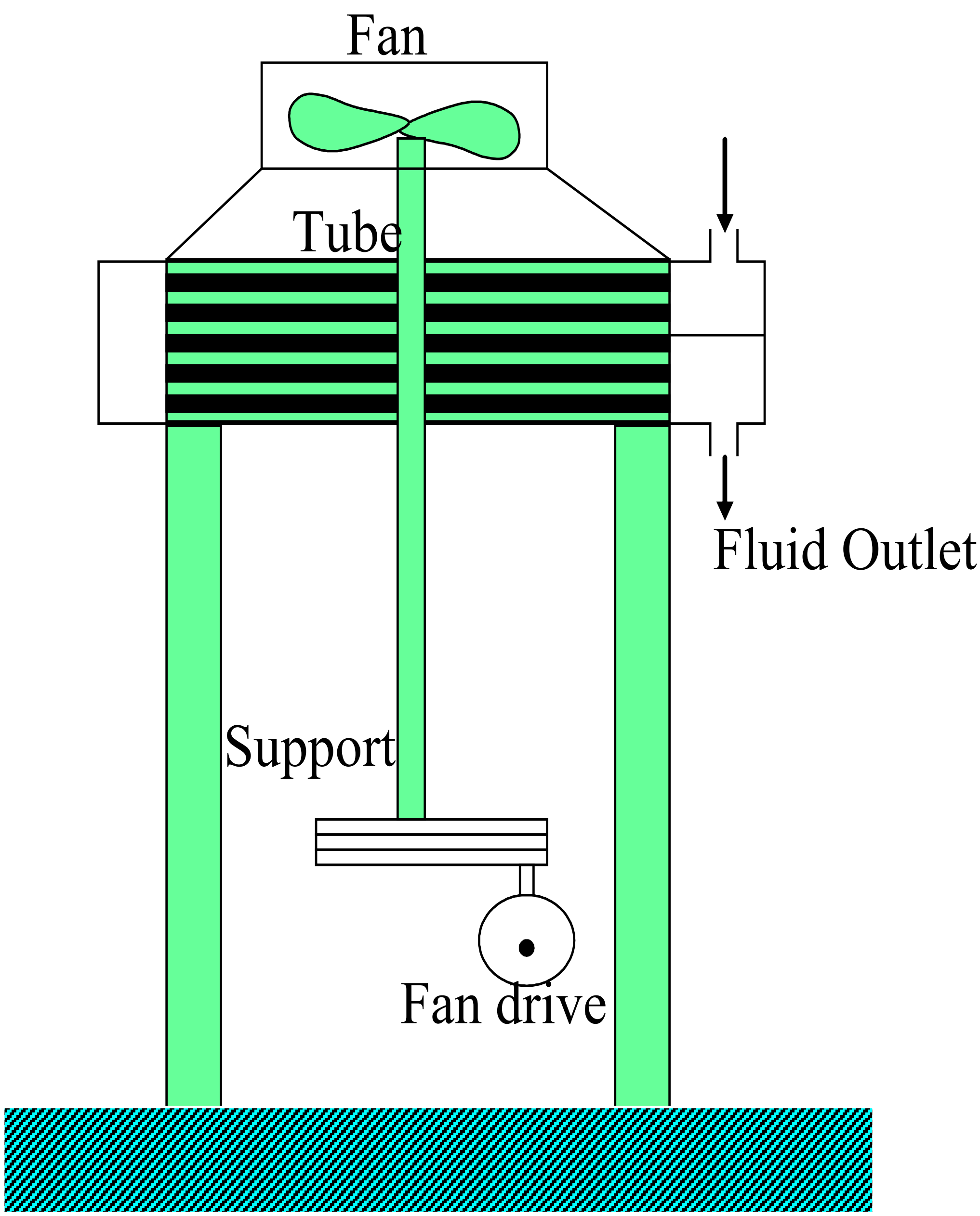
Gambar : 3 – 21

FORCED DRAFT



Gambar : 3 – 22

INDUCED DRAFT



Rangkuman

- Peralatan dimana didalamnya terjadi proses perpindahan panas adalah alat penukar panas,alat ini banyak di gunakan di industri migas yang berfungsi untuk mengubah suhu (menaikan/menurunkan suhu) atau mengubah fase.
- Heat Exchanger adalah Alat penukar panas antara fluida panas dari hasil Pengolahan dengan umpan ,dan alat perpindahan panas antara produk dengan media pendingin disebut cooler dan alat penukar panas untuk pengambilan panas dari fase uap menjadi fase cair(laten heat)di sebut condensor.
- Alat penukar panas menurut fungsinya :
  Heat exchanger, cooler, condensor,chiller,heater dan reboiler.
- Alat penukar panas menurut bentuknya:
  Shell and Tube ,double pipe, fin fan dan.box.
- Alat penukar panas menurut konstruksinya:
  Fixed tube sheet, floating head,U-tube U bandle dan pipe coil.
- Bahan ajar ini akan membahas alat penukar panas yaitu Heat Exchanger, cooler dan condenser.
- Alat penukar panas diklasifikasikan sebagai berikut :
  Menurut arah alirannya

  Menurut Fungsinya.

  Menurut Bentuknya

  Menurut Konstruksi

LATIHAN SOAL :

1. Apakah yang dimaksud dengan alat penukar panas. ?
2. Sebutkan bagian-bagian dari Heat Exchanger dan fungsinya ?
3. Sebutkan macam-macam media pendingin pada cooler ?
4. Sebutkan alat penukar panas antara umpan dengan produk ?
5. Sebutkan macam-macam baffle ?

BAB. IV
KOLOM

Setelah mengikuti pembelajaran Bab. IV ini para siswa diharapkan dapat menjelaskan fungsi Kolom dan bagian-bagian Kolom.

J. UMUM

Kolom adalah suatu bejana yang berbentuk bulat panjang, berdiri tegak lurus (vertical) yang dilengkapi beberapa macam peralatan dan accessories.

Didalam pengolahan minyak bumi dan gas bumi kolom digunakan sebagai pemisahan minyak bumi atau gas bumi yang berdasarkan perbedaan trayek didih dari masing-masing komponen didalam suatu campuran.

B. KLASIFIKASI KOLOM.

Kolom dapat digolongkan berdasarkan,konstruksinya, kondisi operasi kerja dan dapat pula berdasarkan fungsinya.

Kolom berdasarkan konstruksinya:

1.Plate coloumn.

2. Packed coloumn.

Kolom berdasarkan penggunaannya kondisi operasi kerja yaitu :

1. Kolom Atmospheric yaitu kolom yang beroperasi pada tekanan antara 1 atm sampai dengan 1,5 atm.
2. Kolom bertekanan yaitu kolom yang beroperasi pada tekanan lebih besar 1,5 atm.
3. Kolom vakum yaitu kolom yang beroperasi pada tekanan lebih kecil dari 1 atm.

Kolom berdasarkan penggunaannya fungsinya antara lain yaitu :

1. Kolom Distilasi / Fraksinasi

   Kolom Distilasi / Fraksinasi adalah suatu kolom yang digunakan untuk proses memisahkan suatu campuran berdasarkan perbedaan titik didih (boiling point) dari komponen-komponennya atau berdasarkan perbedaan trayek titik didih (boiling range) dari dari fraksi-fraksi dalam campuran.

2. Kolom Stabilizer

   Kolom Stabilizer adalah suatu kolom yang digunakan untuk memisahkan fraksi ringan yang terkandung dalam produk agar produk tersebut akan stabil dalam selama penyimpanan.

3. Kolom Spliter

   Kolom Spliter adalah kolom untuk memisahkan suatu produk menjadi dua produk yaitu ringan dan berat.

4. Kolom Striper

   Kolom Striper adalah kolom untuk memisahkan fraksi ringan yang terikut pada fraksi beratnya, yang digunakan untuk memisahkan pada produk samping dari kolom fraksinasi.

5. Kolom Absorber

   Kolom Absorber adalah kolom yang digunakan untuk pemisahan dengan cara penyerapan antara gas dengan media penyerap cair.

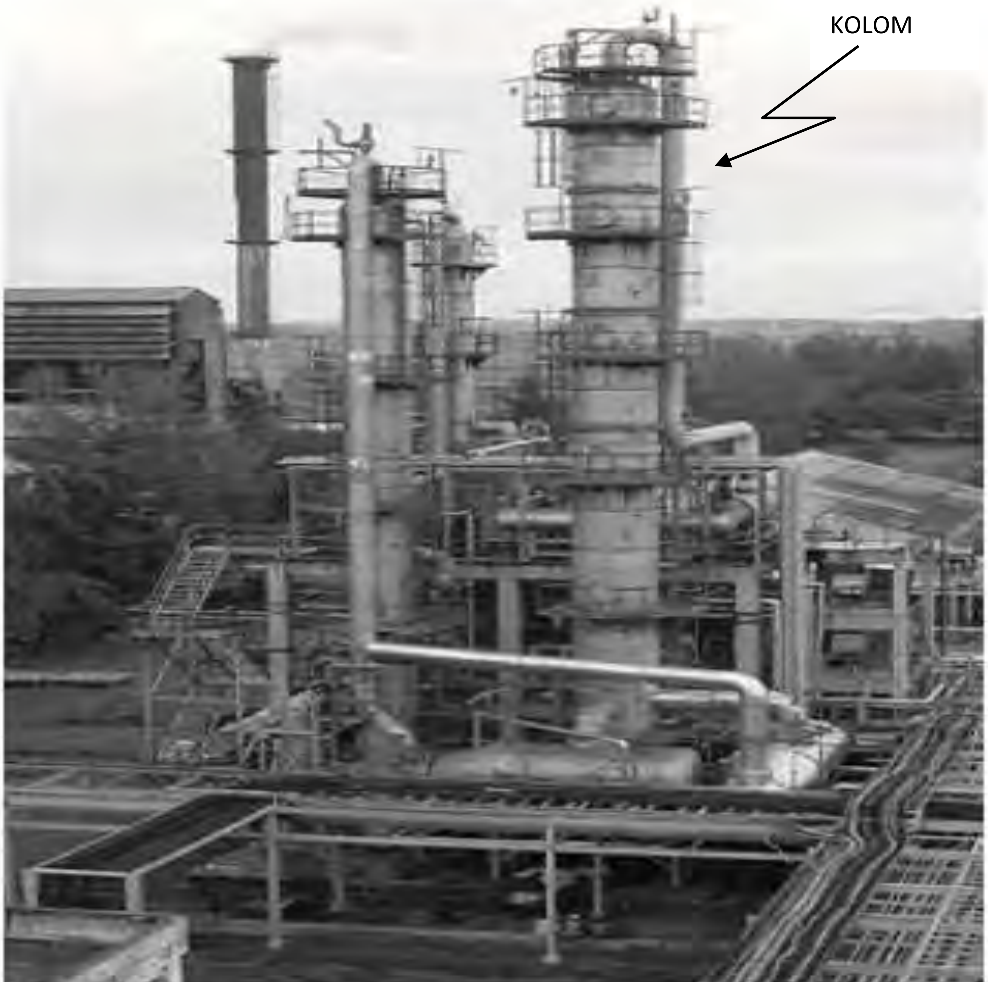
6. Light End Fractionator ,misalnya depropanizer,debutanizerdan sebagainya

Berfungsi untuk memisahkan hidrokarbon sangat ringan seperti etan,propan

Etan dan butandari produk minyak ringan.

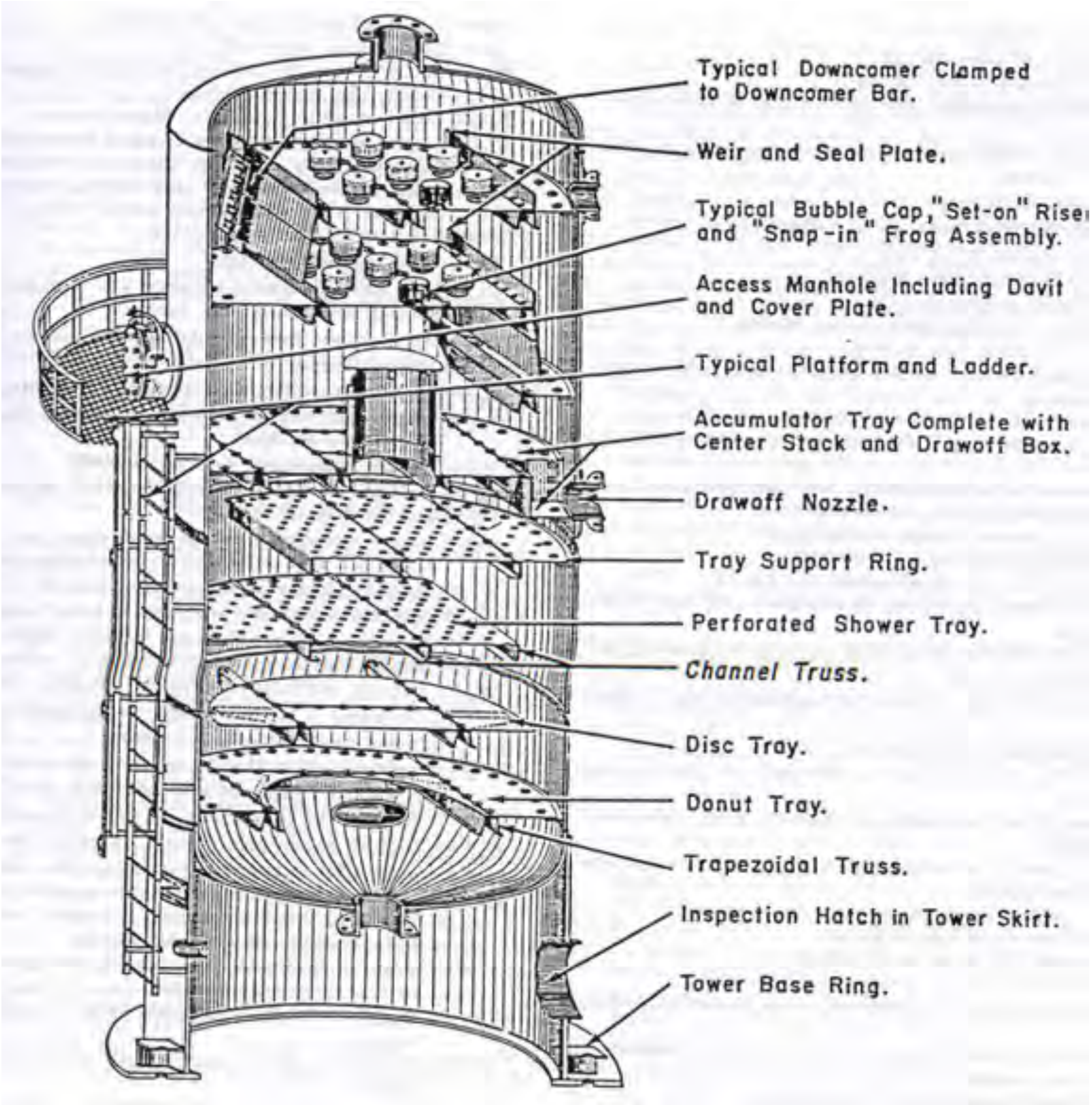
Gambar : 4 - 1

KOLOM DI PENGOLAHAN MINYAK BUMI



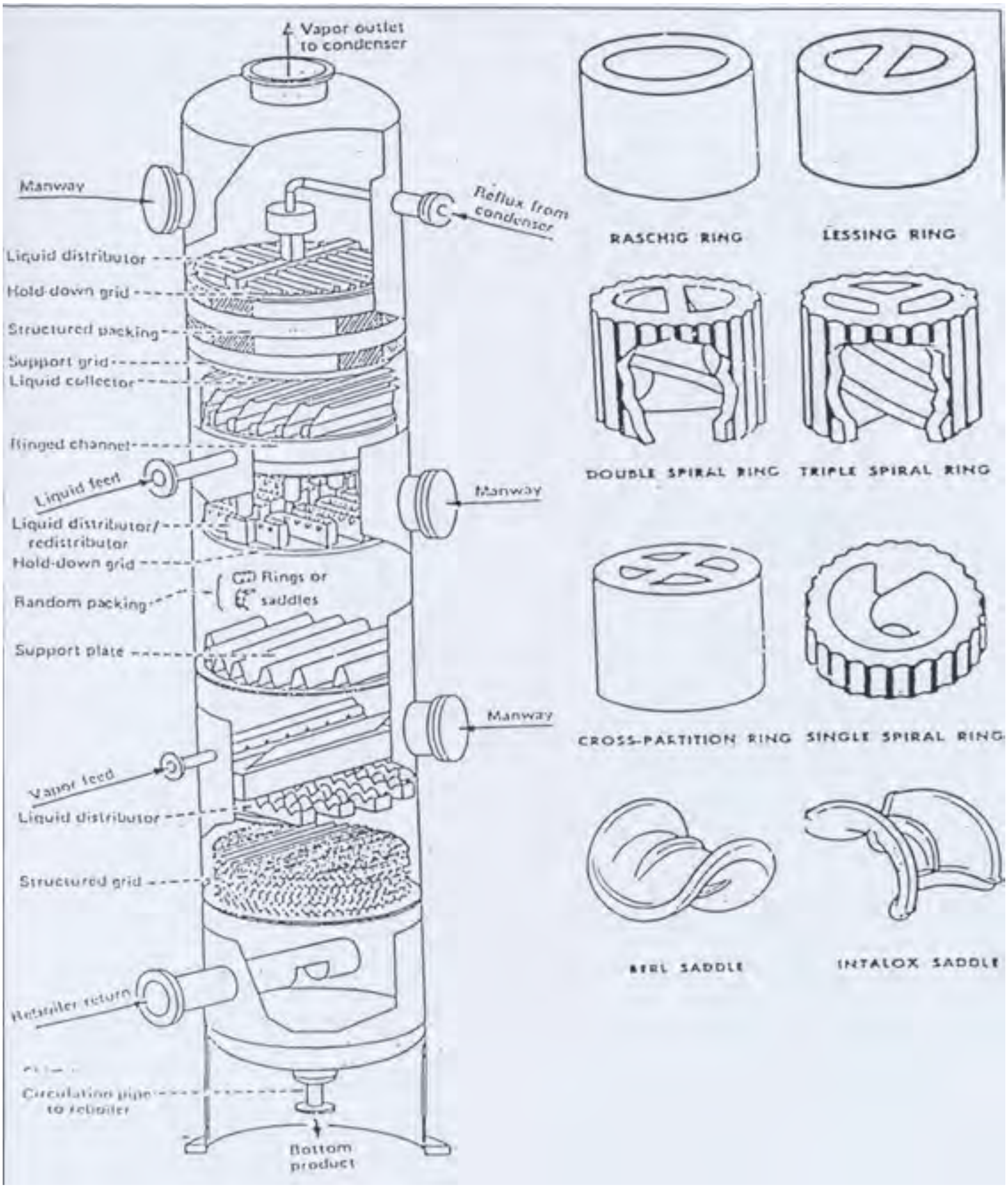
Gambar : 4 - 2

KOLOM DENGAN PLATE



Gambar : 4 - 3

KOLOM DENGAN PACKING(Packed Coloumn)



C. BAGIAN – BAGIAN PLATE COLOUMN

Kolom terdiri dari beberapa bagian antara lain :

1. Dinding kolom (tower shell), tutup atas (tower head), tutup bawah (lower head)
2. Alat kontak antara uap dan cairan(plate)
3. Nozzle
4. Demister
5. Reflux Distributor
6. Bottom produk strainer
7. Tower accessories
8. Man way
9. Vortex Breaker.

1. Dinding Kolom.

a. Dinding kolom terbuat dari steel (carbon steel).
b. Tebal dinding kolom dipengaruhi oleh beberapa factor antara kekuatan bahan (logam) dinding, factor tekanan dan suhu kerja, kelonggaran terhadap korosi (corrosion allowance).
c. Diamter kolom, besar kecilnya diameter dipengaruhi oleh kapasitas.
d. Tinggi kolom dipengaruhi oleh jumlah tray dan tray spacing.
e. Alat pengaman : safety valve (kaitanya dengan kemampuan bahan) dan relief valve (kaitanya dengan kebutuhan proses).
f. Tightness Test (uji kekedapan) yaitu uji ada tidaknya kebocoran dengan menggunakan air atau udara.
g. Strength test (uji kekuatan bahan)
h. Hydro test (uji kekedapan)
i. Cleaning Period, Inspection period.
j. Lapisan isolasi.

2. ALAT KONTAK.(plate/tray)

Alat kontak adalah suatu alat kontak antara uap dan cairan dapat berupaTray maupun packing. Tray adalah alat kontak yang berupa plate yang dapat menampung suatu cairan setinggi beberapa inch, supaya uap dapat mengalir maka tray harus mempunyai lubang-lubang berdasarkan arah aliran liquid dan vapor pada waktu kontak.

Kontak tray dapat digolongkan 2 type yaitu :

- Type cross flow.

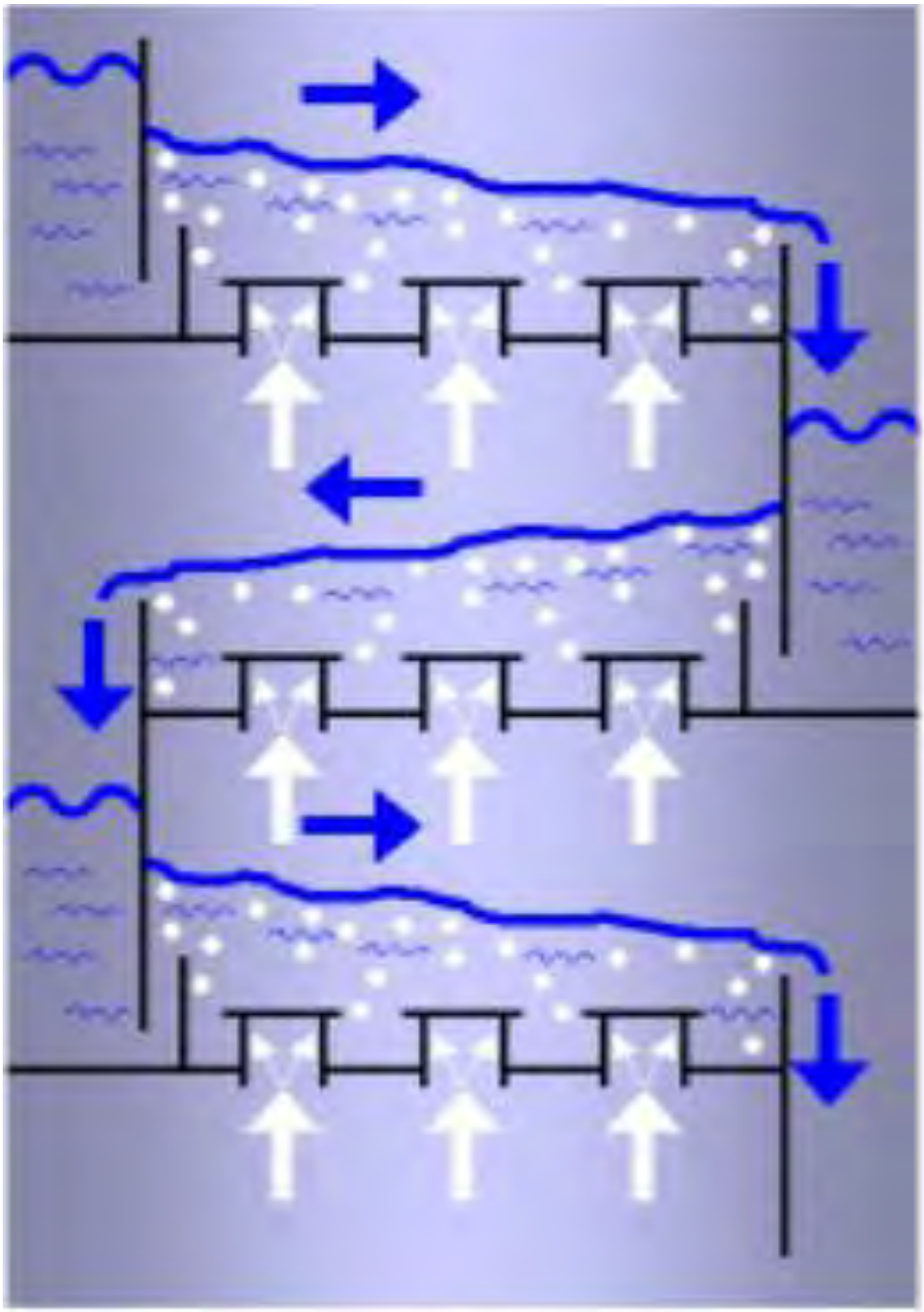
  Pada type ini arah aliran liquid dan vapor pada waktu kontak tegak lurus satu sama lain.

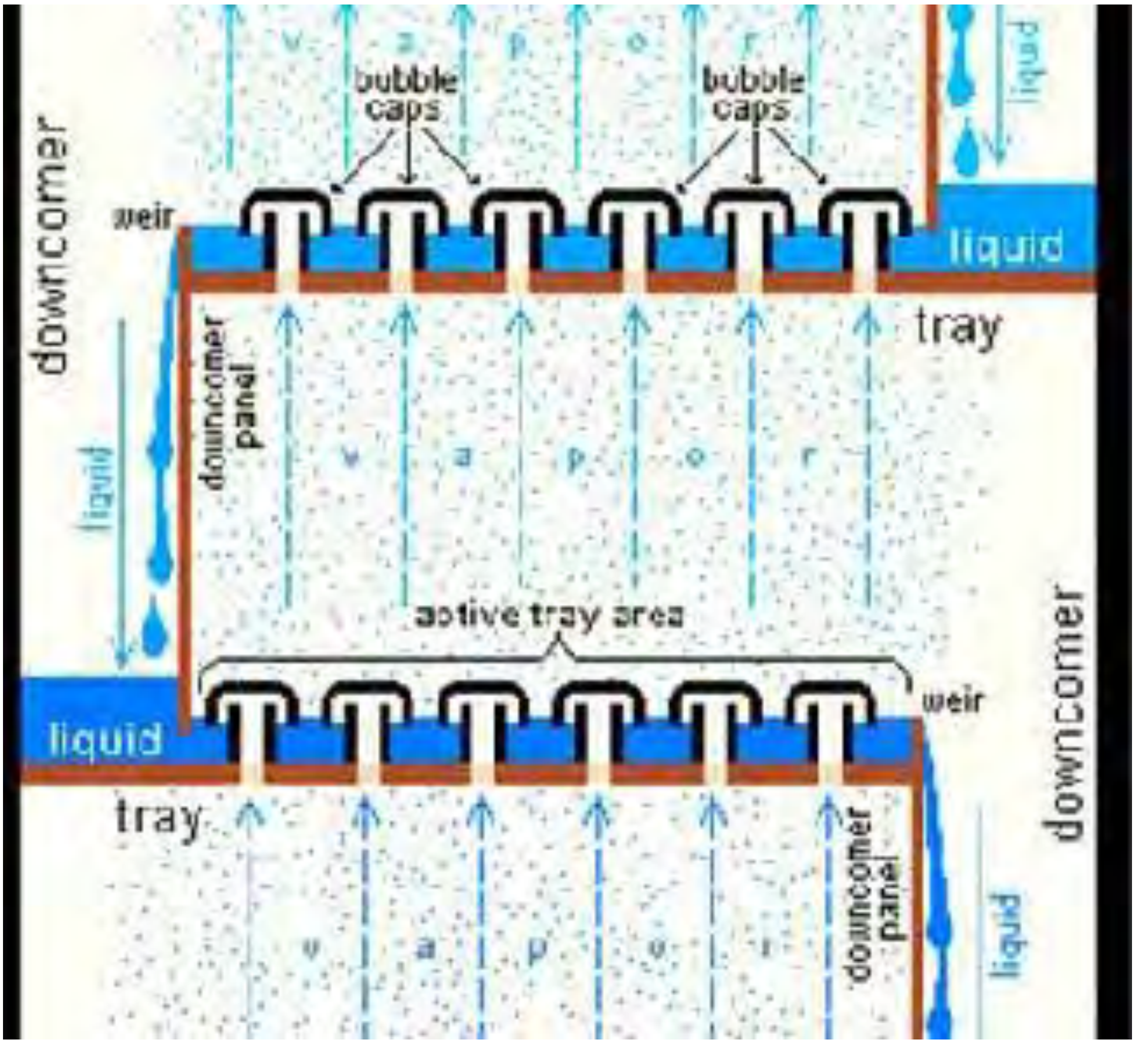
  Type ini mempunyai transfer effisiensi yang baik, pada type ini memerlukan liquid down comer untuk mengalirkan liquid dari satu tray ke tray dibawahnya.
- Counter Flow Type.

  Pada type ini liquid dan vapor kontak langsung dengan arah counter current. Vapor bergerak keatas liquid bergerak kebawah oleh karena itu type tray ini tidak memerlukan down comer.

Gambar : 4 - 4

KERJA TRAY





a. **Tray.**

Macam-macam tray :

Bahan dari tray adalah steel atau cast iron.

Bila bahan plate adalah steel,maka keliling plate dapat dilas pada dinding kolom.

Bila bahan plate adalah cost iron,maka keliling plate diletakan pada dinding kolom dengan perantaraan packing.

Cost iron lebih tahan korosi dari pada steel,tetapi cost iron lebih sukar dikerjakan.

1). Buble Cup Tray

Type ini paling tua dan banyak dipakai, dapat dipakai untuk kapasitas rendah dan sedang effisiensi sedang sampai tinggi.

Terdiri dari :

a). Rizer

b). Cap

c). Inlet weir

d). Outlet weir

e). Down comer

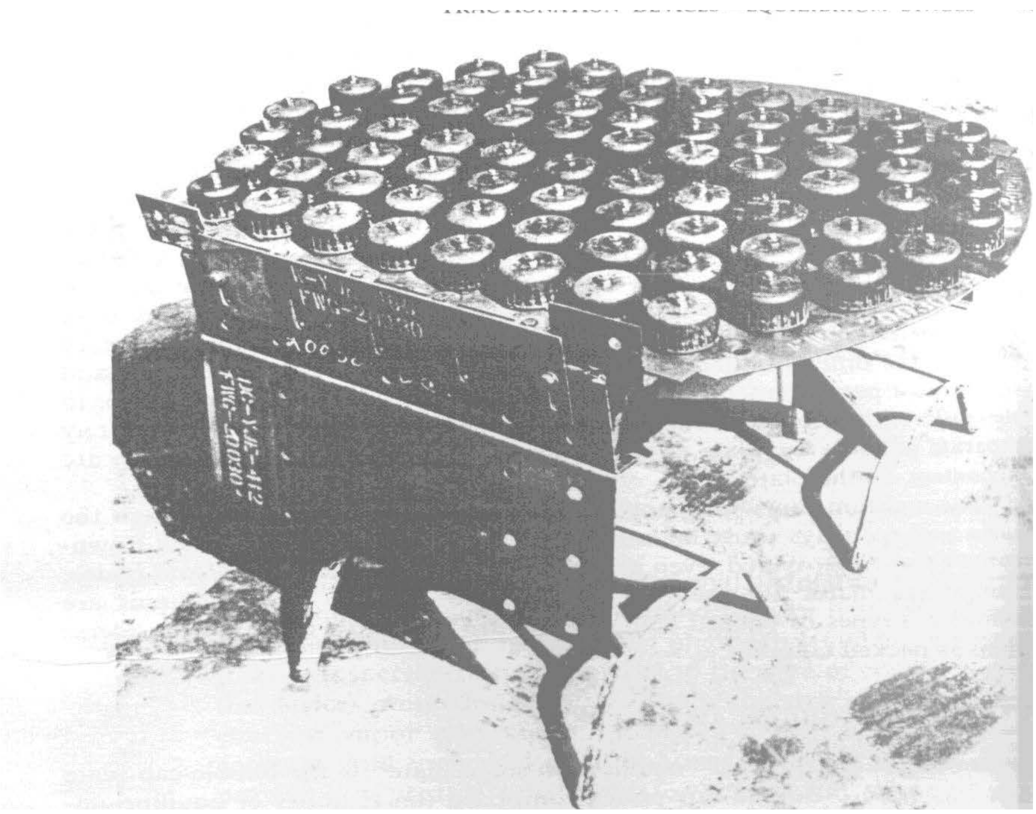
f). Slot

- Fungsi rizer ialah untuk mengalirkan uap keatas ,dari sebuah plate menuju plate yang ada diatasnya.rizer yang berbentuk seperti potongan pipa dapat dicetak menjadi stu dengan plate atau dibuat tersendiri.
- Fungsi cap ialah untuk membalikan arah aliran uapagar melewati cairan ,sehingga terjadi kontak antara uap dan cairan,kemudian naik keatas melalui slot.
- Fungsi inlet weir ialah untuk menjaga agar lobang dari down comer tetap terendam cairan,dan untuk mencegah agar uap tidak naik keatas melalui down comer
- Fungsi outlet weir ialah untuk mempertahankan tinggi permukaan cairan diatas plate sehingga seluruh buble cap akan terendam cairan secara merata.
- Fungsi down comer ialah untuk menyalurkan cairan dari sebuah plate menuju plate yang dibawahnya , berbentuk pipa atau plate pencurah.

• Fungsi slot ialah untuk menyalurkan uap dari sebuah tray ke tray diatasnya,berbentuk lobang-lobang yang terdapat pada bagian bawah cap.

Gambar : 4 - 5

Bubble Cap Tray





2). Shieve Tray

Berupa horizontal plate yang berlubang-lubang kecil yang bervariasi dari 1/8 - 1/2 inch, banyak dipakai untuk duty surface yang ada kecenderungan terbentuk deposit atau terjadi polimerisasi.

Sebagai pengganti bubble cap digunakan lubang-lubang kecil.

Ukuran lubang :

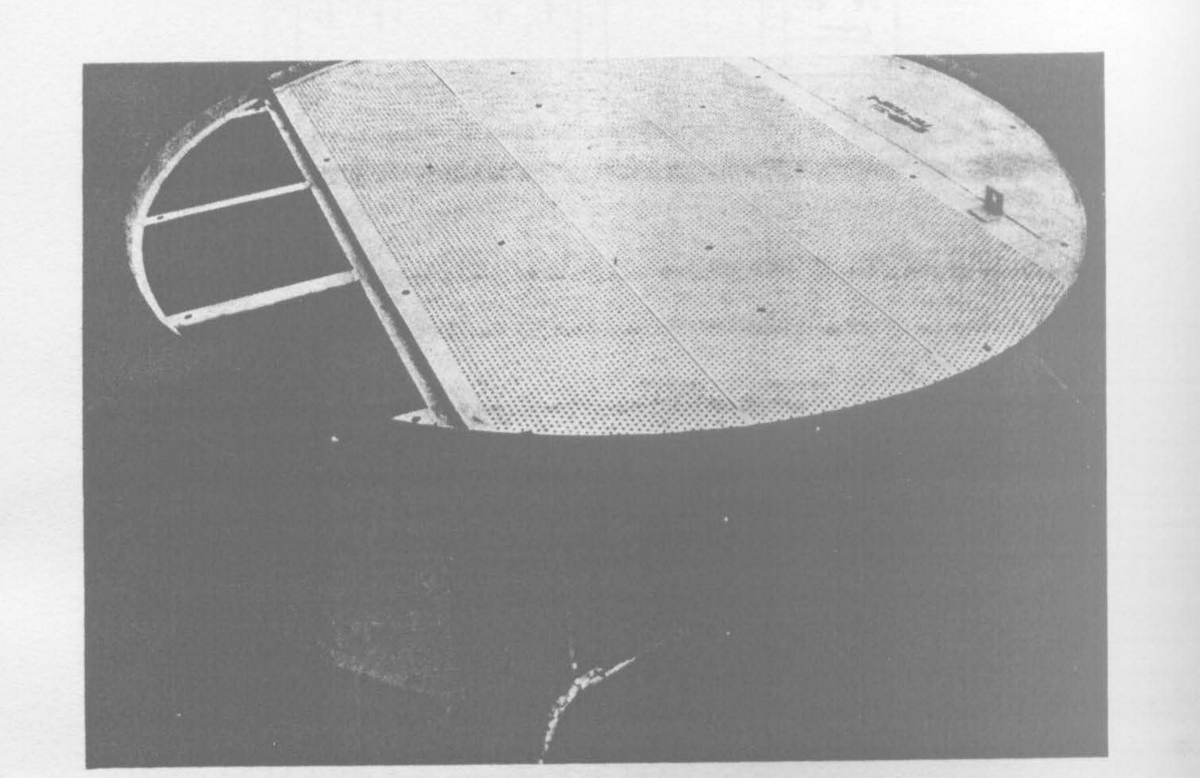
a. 3/16 in
b. ½ in
c. 1/8 in
d. ¾ in

Hole spacing (jarak antara dua lubang yang berdekatan) 2,5 s/d 3 in

Tray spacing 9 – 16 in

Gambar : 4 - 6

Sieve Tray



3). Run Valve tray.

Dari type ini sudah tua tapi baru dipakai sekitar 1951, merupakan vaporited tray dilengkapi dengan cover plate yang dapat bergerak vertical pada ketinggian tertentu pada setiap lubangnya.

Ada 4 type valve tray yang sudah dipakai secara komersial :

a). Floating valve tray : tray opening cover plate berbentuk empat persegi panjang.

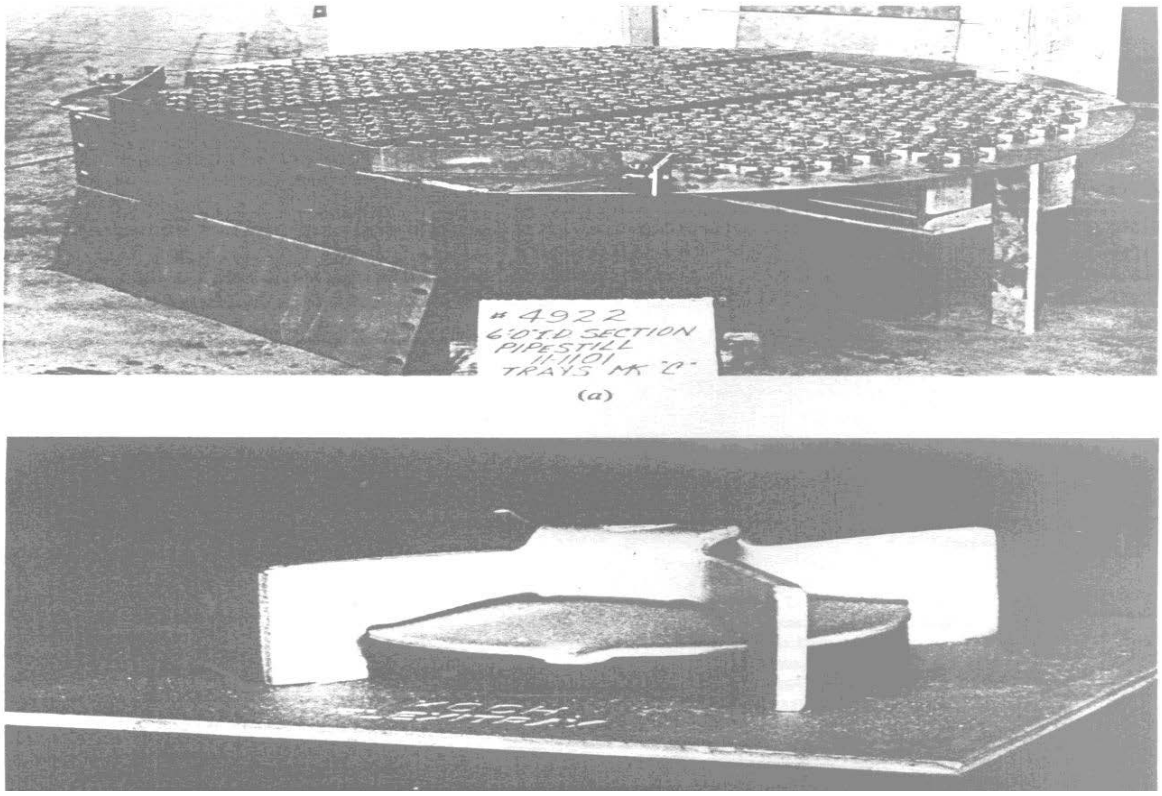
b). Flaxsy tray : tray opening dari plate berbentuk lingkaran yang dikenal sebagai valve tray.

c). Balas tray : seperti flaxsy tray dengan double plate.

d). Jet tray : suatu operated plate yang dilengkapi dengan tabung corong, effisiensi rendah (sedang).

Gambar : 4 - 7

Run Valve tray.



b. Packing.

Sama halnya dengan tray packing juga merupakan suatu alat terjadinya kontak, makin kecil packing makin luas permukaan kontak yang tersedia. Paket tower banyak dipakai pada laboratorium dan pilot plant distilation.

Packing yang banyak dipakai adalah :

1). Type ring.

2). Type saddle.

3. NOZZLE.

Nozzle terdiri dari inlet nozzle dan outlet nozzle.

Inlet nozzle terdapat pada :

a. Feed inlet
b. Reflux inlet
c. Steam inlet
d. Reboiler inlet

Outlet nozzle terdapat pada :

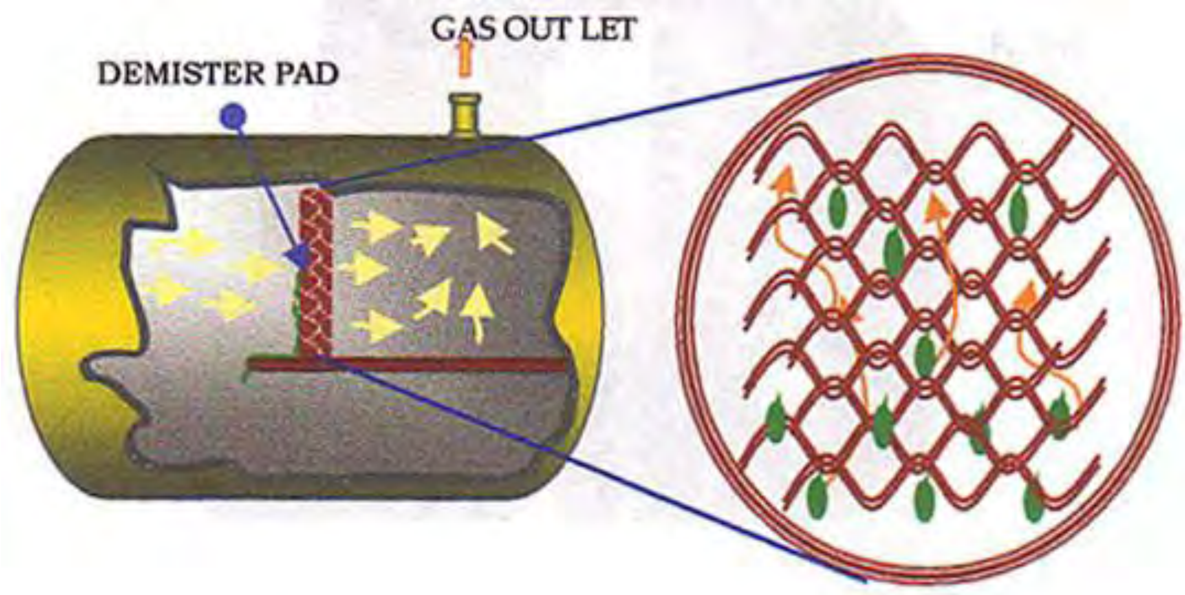
a. Top produk
b. Bottom produk
c. Side stream produk

4. DEMISTER

Demister adalah alat yang dipasang di bagian top kolom, untuk mencegah butiran-butiran cairan yang ikut ke top produk.

Gambar : 4 - 8

Demister



5. REFLUX DISTRIBUTOR.

Reflux distributor untuk menyebarkan reflux pada permukaan plate secara merata.

6. BOTTOM PRODUK STRAINER.

Bottom produk strainer untuk mencegah/menahan logam-logam terikut bottom produk hingga masuk ke pompa.

7. TOWER ACCESSORIES.

Peralatan-peralatan lainnya dan peralatan penunjang misalkan : tangga, plat form, safety valve dll.

8. MAN WAY.

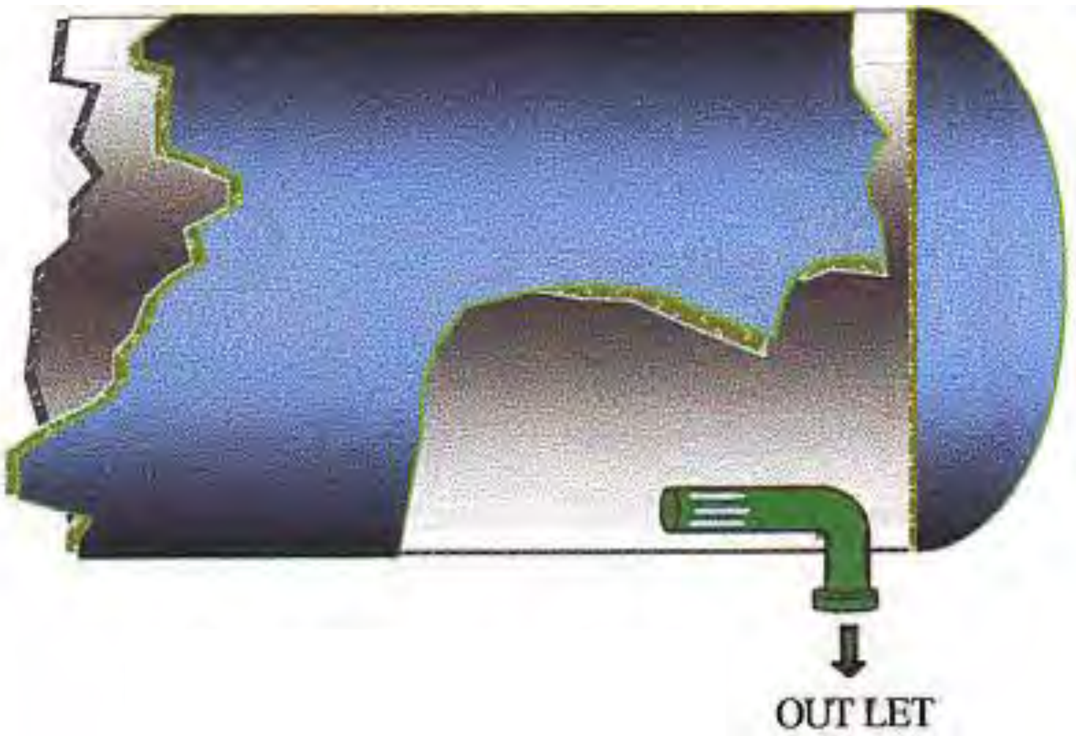
Man way adalah lubang lalu orang pada saat melakukan perbaikan-perbaikan didalam kolom.

9. VORTEX BREAKER.

Vortex Breaker adalah suatu alat yang dipasang di bottom kolom yang dimaksudkan untuk mencegah terikutnya gelembong-gelembong udara kedalam pompa.

Gambar : 4 - 9

Vortex Breaker



D. REFLUX.

Reflux adalah produk yang dikembalikan kedalam kolom untuk mengatur temperatur cairan di tray agar tetap suhunya, reflux dapat sebagai pendingin dapat juga sebagai pemanas.

Ada beberapa macam reflux yaitu :

1. Hot Reflux.

   Hot reflux ialah reflux yang temperaturnya sama dengan temperatur top tower, secara teoritis waktu reflux masuk kedalam top tower tidak memanaskan atau mendinginkan tetapi hanya pencampuran.

2. Internal Reflux.

   Internal reflux ialah reflux yang mengalir dari tray ke tray lain didalam tower, ini selalu hot reflux karena liquid dalam tower selalu dalam boiling rangenya.

3. Cold Reflux.

   Cold reflux ialah reflux yang didinginkan temperatur lebih rendah dari pada temperatur top kolom. Karena untuk menghilangkan panas yang diperlukan diperlukan reflux yang lebih sedikit.

4. Intermediar Circular.

   Dengan adanya perbedaan karakteristik aliran uap dan cairan antara top dan bottom kolom yang disebabkan adanya gradiant suhu, tekanan dan komposisi, maka perlu dilakukan perbaikan mengenai distribusi aliran disepanjang kolom.

E. BAGIAN-BAGIAN PACKED COLOUMN.

1. Shell (dinding kolom)
2. Packing.
3. Packing support (penyangga packing)

4. Liquid distributor(penyebar cairan)
5. Intermediate support dan redistributor.
6. Gas dan Liquid entrance nozzle.
7. Gas dan Liquid exid nozzle.

Shell

Shell atau dinding kolom dapat di buat dari :

- Logam (steel , alloy,non ferrous metal)
- Porselin
- Plastik
- Gabungan dari beberapa bahan yang kadang – kadang di lapisi dengan plastik , karet atau bata .

Pemilihan bahan untuk shell tergantung pada sifat fluida yang di proses . Bagi dinding kolom yang terbuart dari porselin atau keramik , bagian – bagian dinding kolom dapat di hubungkan satu sama lain dengan sambungan bell & spigot. Sebagai perapat dapat di pakai asbest atau caulking compound. Bagi dinding kolom dari porselin , kecepatan pemanasan tidak boleh melebihi 15 ^{o} F/menit .

Packing

a. Fungsi packing : untuk memberikan permukaan kotak yang luas antara fluida yang diproses . pada proses absorbsi misalanya , antara gas yang masuk melalui bagian bawah kolom dengan cairan penyerap . yang masuk dari bagian atas kolom .Dengan permukaan kotak yang luas , maka proses penyerapan dapat di sempurnakan.
b. Jenis- jenis packing

   Menurut bentuknya , packing dapat dibedakan satu dengan yang lain kedalam berbagai jenis (type) seperti Rasching range,Lessing range, cross partition ring, treipple ring, double spiral ring, berl saddle, intalox saddle dan sebagainya.

c. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh tower packing:

1. Tidak bereaksi dengan fluida yang dip roses, baik yang berupa gas berupa cairan.
2. Cukup ringan tetapi kuat.
3. Memberikan saluran yang cukup untuk dilalui oleh fluida yang diproses tanpa menimbulkan pressure drop yang tinggi.
4. Meningkatkan kontak yang baik antara fluida yang diproses.
5. Tidak Mahal harganya.

d. Karakteristik fisika dari packing.

1. Type packing : misalnya Rashing ring.
2. Bahan packing: ceramic.
3. Dimensi : OD & leght, in : 1 x 1
4. Average bulk density. Lb/ft^3 of tower volume: 42
5. Srface area,ft^2/ft^3 of tower volume: 58
6. Porosity, %: 0.74
7. Packing factor;ft^{-1}: 155

e. Bahan Packing

Bahan	Pemakai Keterangan
- Porselin, ceramic stone ware	asam fluoride
- Carbon	- Untuk larutan alkalin panas - Tahan terhadap — termal shol" cukup ringan
- Palstik	- Untuk larutan garam-garam alkalin adang-kadang untuk asam
- Steel	- Untuk alkalin panas - Lebih berat dari pada keramik, lebih mahal

f. Type-type packing dan pemakaian

Type packing	Pemakaian
- Rasching	- Type yang pailing terkenal, harganya relative murah, tetapi kurang dibandingkan dengan type lainya. Tersedia dengan

	Berbagai macam bahan sesuai dengan penggunaanya.
- Lessing ring	- Sedikit lebih baik dari pada Rasching Ring, tetapi pressure dropnya sedik t lebih tinggi
- Cross partition ring	- Biasanya disusun dalam posisi berdiri, sebagai lapisan pertama diatas penyanggah packing (support grid).Pressure drop relative rendah
- Berl saddle	- lebih efisien dari pada Rasching ring, tetapi lebih mahal. Lebih mudah pecah dari pada Rasching ring.
- Intalox saddle	- Jenis packing yang sangat effisien. Mempunyai –flooding limit yang lebih tingga dan pressure drop yang lebih rendah dari pada Rasching ring, dan berl saddle. Lebih mudah pecah dari pada Rasching ring.
- Pall ring	- Mempunya pressure drop yang lebih rendah (kurang dari setengah) dari pada Rasching ring" Flooding limit" yang lebih tingga. Distribusi cairan yang baik, kapasitas tinggi. . Memberikan tekanan yang lebih besar kepada dinding kolom.
- Spiral ring	- Biasanya dipasang dengan posisi tegak. Memberikan effek pusaran bagi aliran gas dan cairan. Memberikan

permukaan kontak yang lebih luas dari pada rasching ring. Lessing ring dan cross partition ring. Pressure drop lebih tinggi.

Packing support

―Towr performance" yang baik sangat tergantung pada packing support yang sesuai. Luas penampang melintang dari penyangga packing (packing support) yang dapat dilalui aliran fluida sedikitnya 50 % atau lebih dari luas penampang menara (kolom) dan lebih besar dari pada luas penampang dari bagian packing yang dapat dilaliri fluida.

Efek penyumbatan sebagai akibat dari penempatan (cara meletakkan) Packing diatas packing support harus dipertimbangkan.

Dengan demikian perlu diusahakan agar mendapatkan ―support free area" yang selaus mungkin tanpa mengurangi kekuatan kontruksinya. Apabila (support free area" ini terlalu terbatas, akan terjadi ―liquid build up" pada plate, sehingga mengurangi effisiensi dan menambah pressure drop yang selanjutnya akan menyebabkan kondisi ―flooding.

Suatu aturan umum menyatakan bahwa tinggi packing per ―support plate" tidak boleh melebihi 30 ft untuk Rasching ring atau 25 ft untuk intalox saddle. Type packing lainnya berada di antara kedua batas tersebut. Ada dua type : packing support" yaitu perforated support plate dan bargrid support plate.

Liquit distributor

Penyebarab cairan (liquid distribution) memegang peranan penting pada jalannya operasi pada ―packed tower" yang berkaitan dengan effisiensi. Packing yang baik dari segi proses dapat turun efektifitasnya hanya karena penyebaran cairan yang kurang merata pada permukaan atas lapiosan packing. Penyebarab cairan yang kurang baik mengarah kepada : liquid chanelling"

Fungsi liquid distributor adalah untuk mengarahkan zat cair yang akan turun menembus lapisan packing agar tersebar rata diatas permukaan packing.

Redistributor.

Zat Cair yang turun melalui lapisan packing dan berada pada dinding kolom perlu didistribusikan ulang (diulangi penyebaranya) Setelah menempuh kedalaman sepanjang 3 kali diameter kolom untuk rasching ring dan 5 sampai 10 kali diameter kolom bagi saddle packing.

Rasching ring pada umumnya mempunyai kedalaman maksimum 10-15 ft setiap bagian, sedang saddle packing dapat menggunakan 12-20 setiap kali

Pemasangan / penyusunan packing:

Stacked

Pemasangan packing dengan pola —stack" ialah pemasangan packing dengan tegak.

Untuk maksud ini di gunakan packing yang berbentuk potongan-potongan pipa misalnya cross partition ring.

Pemasangan dilakukan dengan tangan dan agak mahal biayanya. Oleh karena itu pemasangan packing dengan pola stack sedapat mungkin dihindari, kecuali untuk lapisan yang pertama diatas pelat penyangga (support plate).

Dumped.

Dumping atau pemasangan packing dengan pola dumped merupakan metode yang paling umum dalam penyusunan packing.Dalam hal ini packing di timbun secara beragam.

Rangkuman

- Kolom adalah suatu bejana yang berbentuk bulat panjang, berdiri tegak lurus (vertical) yang dilengkapi beberapa macam peralatan dan accessories.
- Didalam pengolahan minyak bumi dan gas bumi kolom digunakan sebagai pemisahan minyak bumi atau gas bumi yang berdasarkan perbedaan trayek didih dari masing-masing komponen didalam suatu campuran.
- Kolom dapat digolongkan berdasarkan kondisi operasi kerja dan dapat pula berdasarkan fungsinya.
- Kolom berdasarkan penggunaannya kondisi operasi kerja yaitu :

  Kolom Atmospheric yaitu kolom yang beroperasi pada tekanan antara 1 atm sampai dengan 1,5 atm.

  Kolom bertekanan yaitu kolom yang beroperasi pada tekanan lebih besar 1,5 atm.

  Kolom vakum yaitu kolom yang beroperasi pada tekanan lebih kecil dari 1 atm.
- Kolom berdasarkan penggunaannya fungsinya antara lain yaitu :
- 1. Kolom Distilasi / Fraksinasi
- 2. Kolom Stabilizer
- 3. Kolom Spliter

Kolom terdiri dari beberapa bagian antara lain :

- Dinding kolom (tower shell), tutup atas (tower head), tutup bawah (lower head)
- Alat kontak
- Nozzle
- Demister
- Reflux Distributor
- Bottom produk strainer
- Tower accessories

- Man way
- Vortex Breaker.

  Bagian –bagian dari bubble cap tray:

- Rizer.
- Cap.
- Inlet weir
- Outlet weir

LATIHAN SOAL :

8. Sebutkan fungsi reflux ?
9. Sebutkan macam-macam tray ?
10. Jelaskan fungsi fortex breaker dalam kolom ?
11. Jelaskan macam-macam reflux ?
12. Jelaskan perbedaan dari kolom distilasi dengan kolom absorber dari segi fungsinya ?

BAB. V
POMPA

Setelah mengikuti pembelajaran Bab. V ini para siswa diharapkan dapat menjelaskan fungsi Pompa, macam-macam dan bagian-bagiannya

K. UMUM

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain, dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau dari suatu tempat bertekanan rendah ketempat tekanan yang lebih tinggi,melalui media perpipaan(saluran)dengan cara menambah enersi pada cairan yang di pindahkan dan berlangsung secara kontinyu.

Pompa beroperasi dengan mengadakan perbedaan takanan antara bagian masuk (suction) dan bagian keluar (Discharge).

Dengan kata lain pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga cairan,dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang Pengaliran. Sedangkan kompresor adalah suatu alat yang fungsinya untuk menaikan tekanan dari fluida yang kompresibel (dapat dimampatkan) seperti udara dan gas.kenaikan tekanan udara atau gas yang dihasilkan kompressor Disebabkan adanya prosews pamampatan yang dapat berlangsung secara berselang dan kontinyu,kompresor dapat beroperasi dengan tekanan masukdibawah atmosfer (Vakum) sampai dengan tekanan tinggi(positip) diatas atmosfer,sedangkan tekanan keluar memiliki tingkatan dari tekanan atmosfer sampai dengan tekanan tinggi diatas sepuluh ribu poundper inch kwadrat.

Kompressor secara umum digunakan untuk keperluan proses ,transfortasi dan distribusi udara/gas pada pabrik petrokimia,produksi

dan pengolahan migas dan lain-lain.Pompa dan compressor punya prinsip dasar yang sama.

B. KLASIFIKASI POMPA

Pompa dapat digolongkan menjadi 2 (dua) yaitu :

1. Positive Displacement Pump.

   Positive Displacement Pump adalah pompa yang aliran zat cairnya yang disebabkan desakan oleh bagian pompa.

2. Dynamic Pump.

   Dynamic Pump adalah pompa yang aliran zat cairnya yang disebabkan adanya suatu gaya sentrifugal dari perputaran bagian pompa.

1. Positive Dsplacement pump dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

   1. Reciprocating Pump :

      1). Piston Pump.

      2). Plunger Pump.

Gambar : 5 - 1

POMPA RECIPROCATING



2. Rotating Pump :

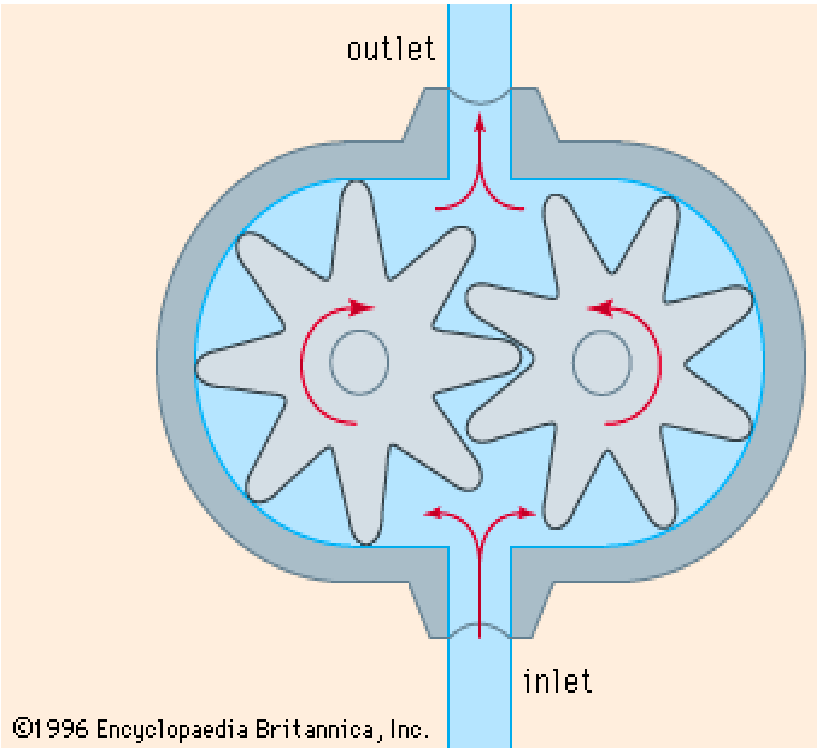
   1). Gear Pump (pompa roda gigi)

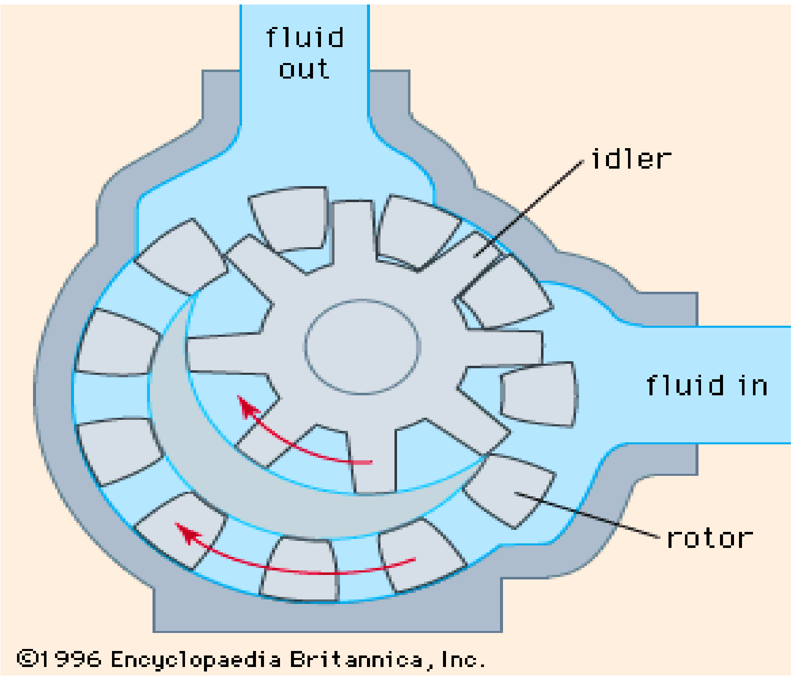
   2). Screw Pump (Pompa Sekrup)

   3). Sliding Vane Pump dll

Gambar : 5 - 2

EXTERNAL DAN INTERNAL GEAR PUMP




fluid
out
idler
fluid in
rotor
©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Gambar : 5 - 3

SCREW PUMP



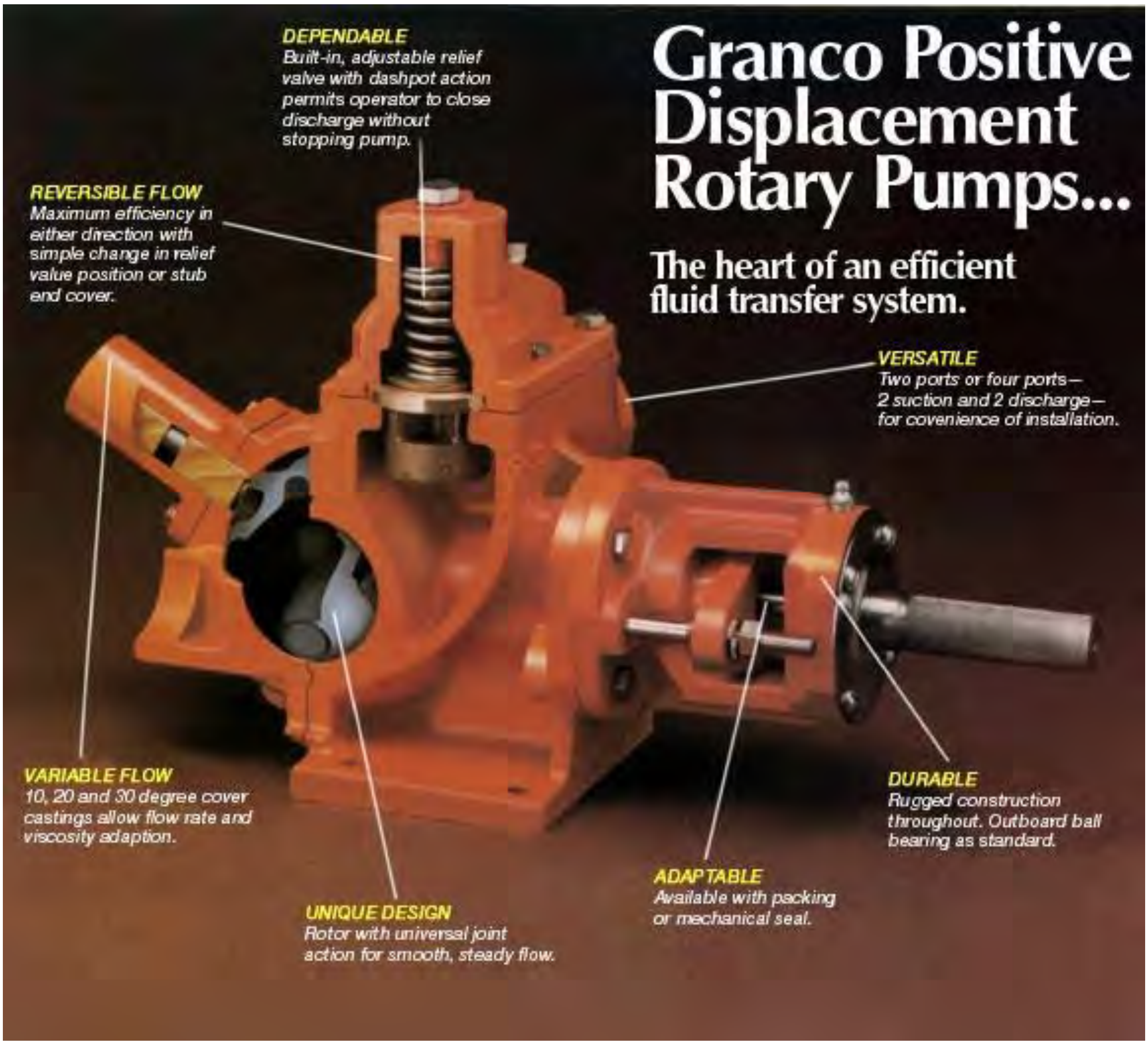
Gambar : 5 - 4

POSITIVE DISPLACEMENT ROTARY GEAR PUMP



Gambar : 5 - 5

PISITIVE DISPLACEMENT ROTARY PUMP



Klasifikasi Pompa positive Displacement adalah :

a. Dari segi siklus operasi :
   1). Single acting.
   2). Double acting
b. Dari jumlah liquid cylinder :
   1). Single cylinder
   2). Multi Cylinder
c. Dari segi jumlah power cylinder :
   1). Simplex
   2). Duplex
d. Dari segi posisi cylinder :
   1). Vertical
   2). Horizontal
e. Dari segi elemen pompa :
   1). Piston
   2). Plunger
f. Dari segi tekanan :
   1). Low pressure
   2). Meium pressure
   3). Hight pressure
   4). Extra hight
g. Dari segi jenis daya :

1). Steam

2). Internal combation engine (motor bakar)

3). Electric

4). Hydroulic

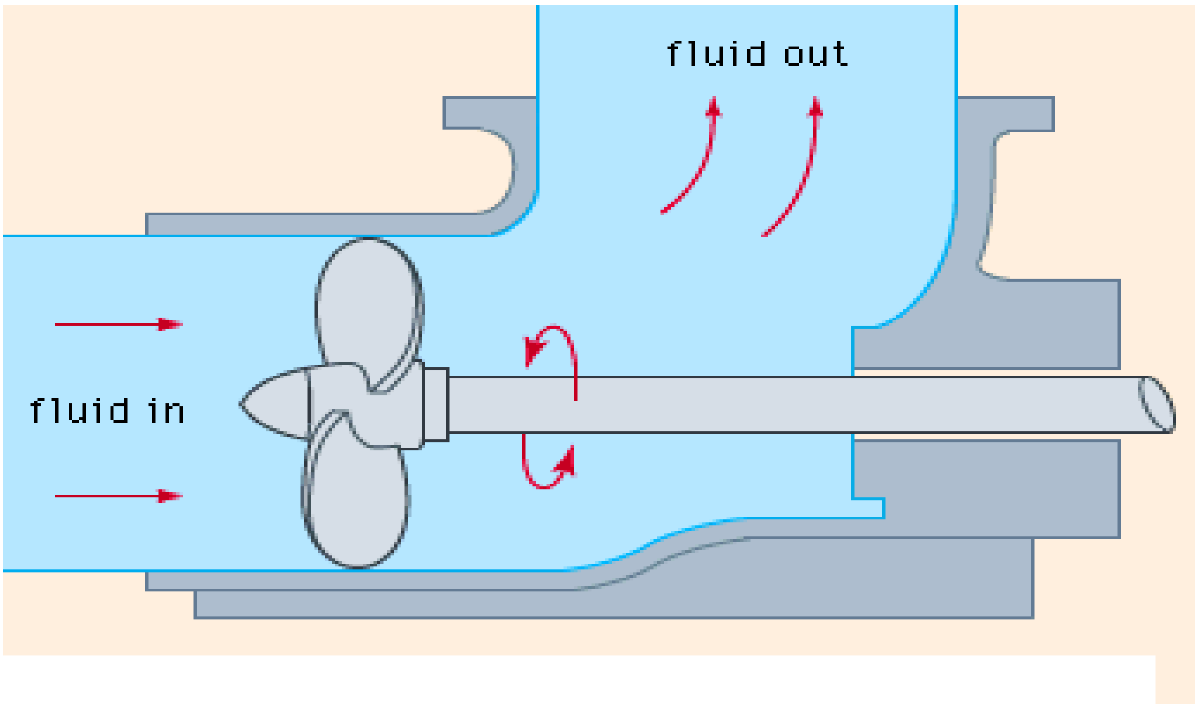
2. Dynamic Pump.

   Dynamic Pump dapat dibedakan 3 (tiga) yaitu :

   1. Centrifugal Pump
   2. Mixed Flow Pump
   3. Axial Flow Pump.

Gambar : 5 - 6

AXIAL FLOW



Klasifikasi Pompa Centrifugal adalah

a. Menurut bentuk casing :

   1). Volute pump

   2). Diffuser pump.

b. Menurut bentuk Impeller :

   1). Open empeller

   2). Semi open empeller

   3). Encloced impeller

c. Menurut intake :

   1). Single suction

   2). Double suction

d. Menurut tingkat operasi (stage)

   1). Single stage

   2) Double stage

e. Menurut out put :

   1). Large volume – low head

   2). Medium volume – medium head

   3). Small volume – hight head

f. Menurut letak poros :

   1). Horizontal

   2). Vertical

Gambar : 5 - 7

INSTALASI POMPA SENTRIFUGAL



Gambar : 5 - 8

POMPA SENTRIFUGAL



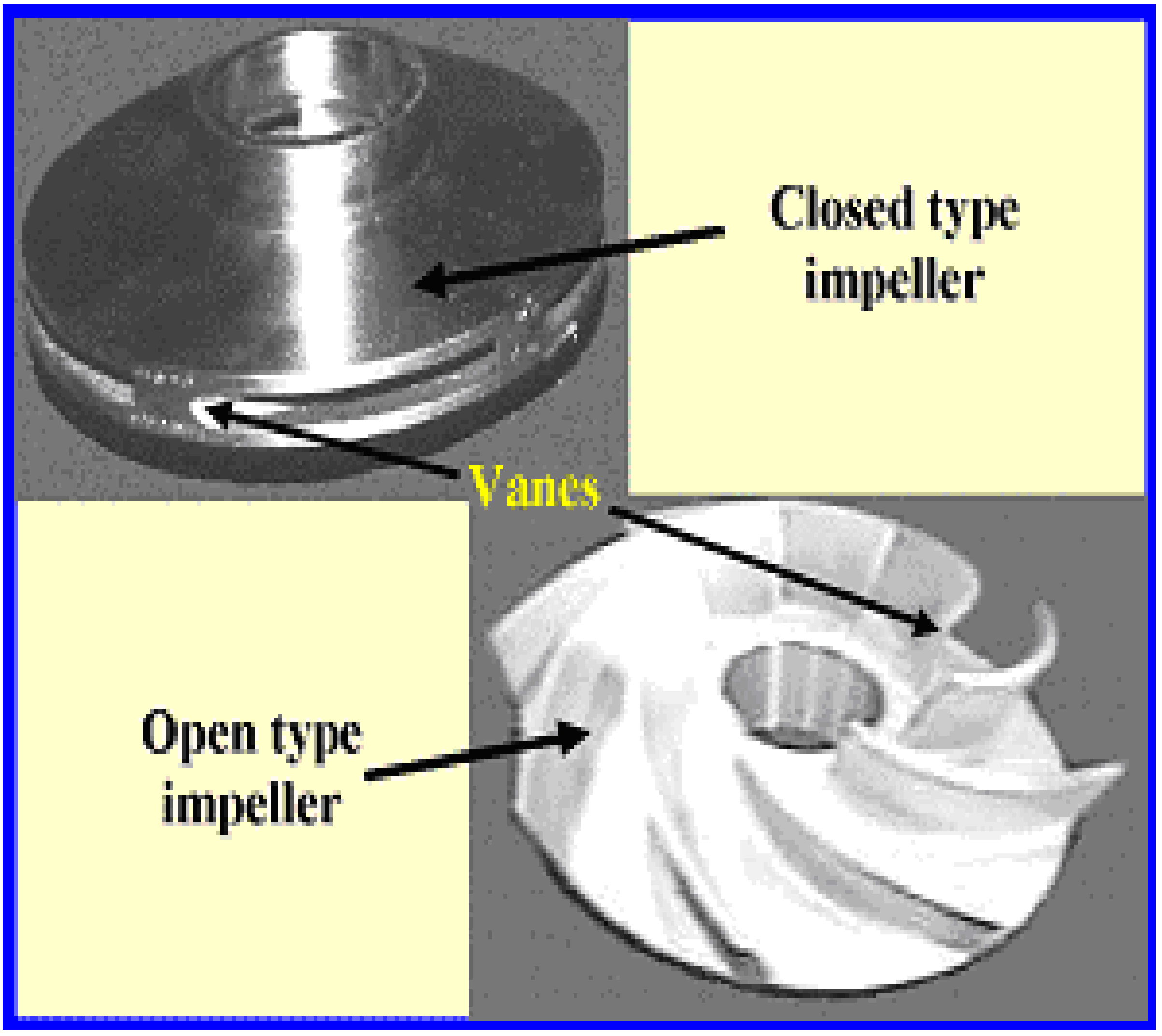
Bagian-Bagian Utama Pompa Centrifugal dan Fungsinya :

1. Impeller.

   Impeller akan menggerakkan cairan dimana kecepatan impeller akan menghasilkan gaya centrifugal.

Gambar : 5 - 9

IMPELLER



2. Casing.

   Berfungsi sebagai pengarahkan aliran zat cair ke lubang luar, juga mengubah sebagian energi kecepatan menjadi energi tekanan.

Gambar : 5 - 10

CASING



3. Shaft (poros).
   Poros untuk meneruskan daya dari primover ke impeller.

4. Shaft Slive.
   Shat slive untuk melindungi shaft (poros) dari korosif dan keausan.

5. Stuffing Box.
   Berfungsi untuk mencegah kebocoran zat cair pada tempat poros menembus casing.

6. Bearing.

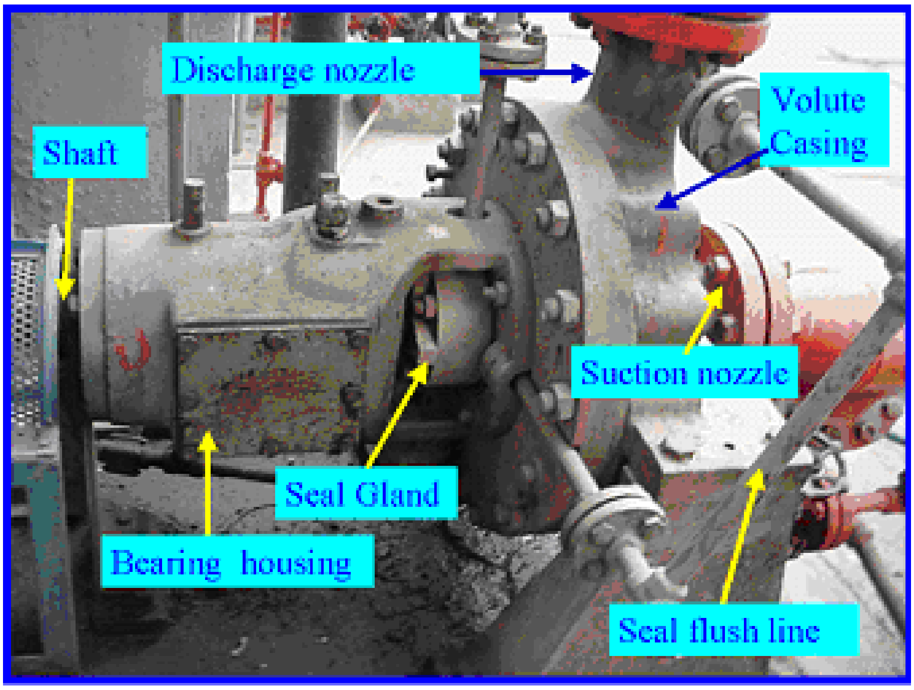
   Fungsinya untuk tempat tumpuan poros dan membatasi gerakan radial (gerakan tegak lurus dengan poros) dan axial (gerakan sejajar poros) dari poros.

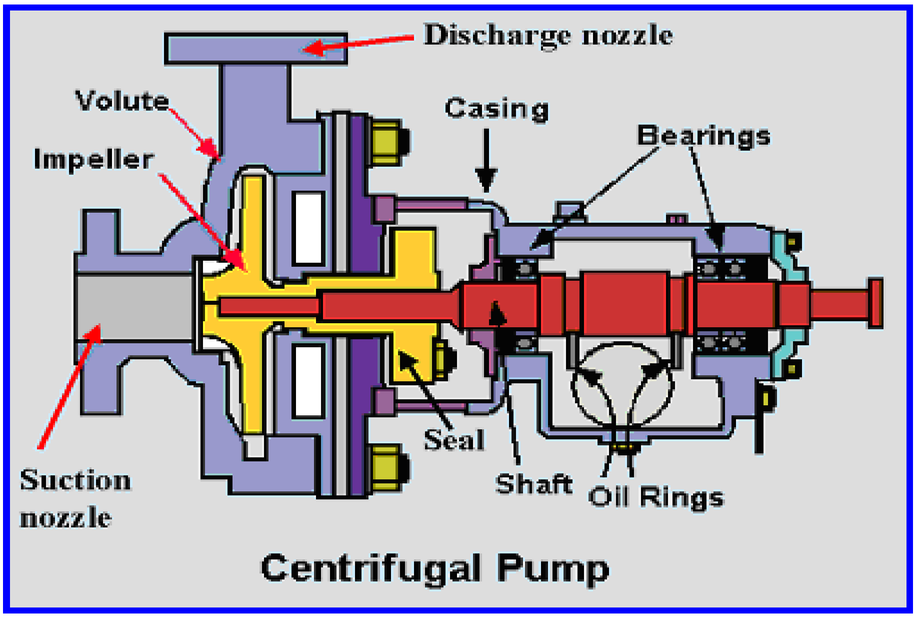
7. Coupling.

   Penghubung antara pompa dengan poros primover.

Gambar : 5 - 11

BAGIAN-BAGIAN POMPA SENTRIFUGAL





Penggunaan Pompa

Pada industri migas dan petrokimia penggunaan pompa sangat luas antara lainsebagai:

- Pompa proses.

- Pompa distribusi prodak.
- Pompa booster (pompa penguat).
- Pompa hydroulic.
- Pompa pelumas.
- Pompa lumpur (bidang pemboran).
- Pompa pendingin.
- Pompa fire fighting (pemadam kebakaran).

Dipasaran terdapat bermacam-macam jenispompa yang diproduksi dari berbagai manufacture.

Untuk dapat memilih pompa yang tepat,diperlukan data spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan operasi ,kemudian dari berdasarkan hal tersebut bisa dilihat dari catalog yang dikeluarkan dari manufactur, sehingga diperoleh pompa yang efisien dan ekonomis.

Pemilihan Pompa

Pemilihan Pompa dapat dilaksanakan berdasarkan beberapa parameter operasi, yaitu :

1. Kapasitas
2. Tekanan
3. Kombinasi tekanan dan kapasitas
4. Tinggi angkat statis
5. Jenis Liquit yang dihandle

Gambar dan beberapa table, berikut ini dapat digunakan sebagai salah satu panduan dalam memilih jenis pompa sebelum melihat data spesifikasi dari catalog yang dikeluarkan oleh manufacture

D. C. KOMPRESOR.

Compressor dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Menurut frekwensi cycle.
   a. Single acting
   b. Double acting
2. Menurut tingkat operasi.
   a. Single stage
   b. Double stage.
3. Menurut bagian-bagian yang bergerak.
   a. Centrifugal compresor
   b. Reciprocating compressor.
   c. Rotary compressor.
4. Menurut beban tugas.
   a. Low pressure compressor.
   b. Medium pressure compressor
   c. Hight pressure compressor.
5. Menurut letak silinder.
   a. Vertical
   b. Horizontal.
   c. Radial
6. Menurut jumlah silinder.
   a. Simplex (1 silinder)
   b. Duplex (2 silinder)
   c. Triplex (3 silinder)

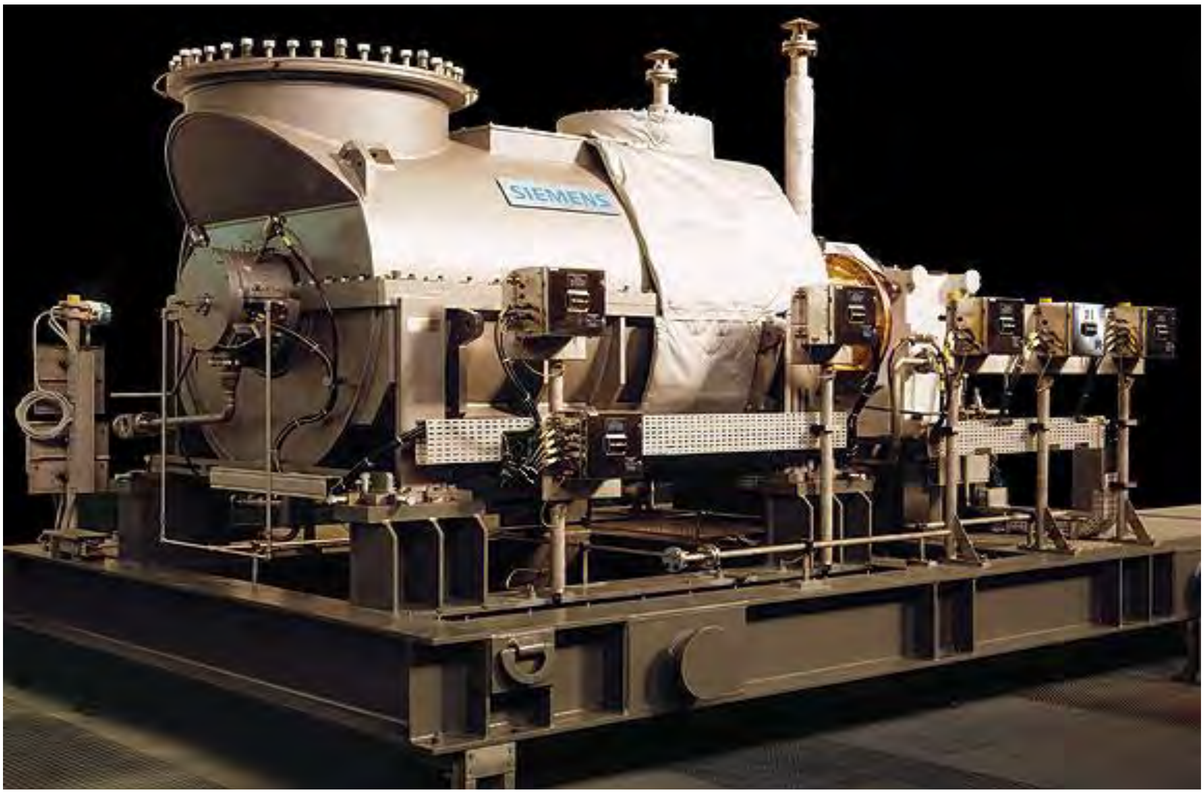
Gambar : 5 - 12

MULTI STAGES AXIAL COMPRESSOR



Gambar : 5 - 13

Axial Flow Compressor Skid



Gambar : 5 - 14

CENTRIFUGAL COMPRESSOR



BCL COMPRESSOR

Gambar : 5 - 15

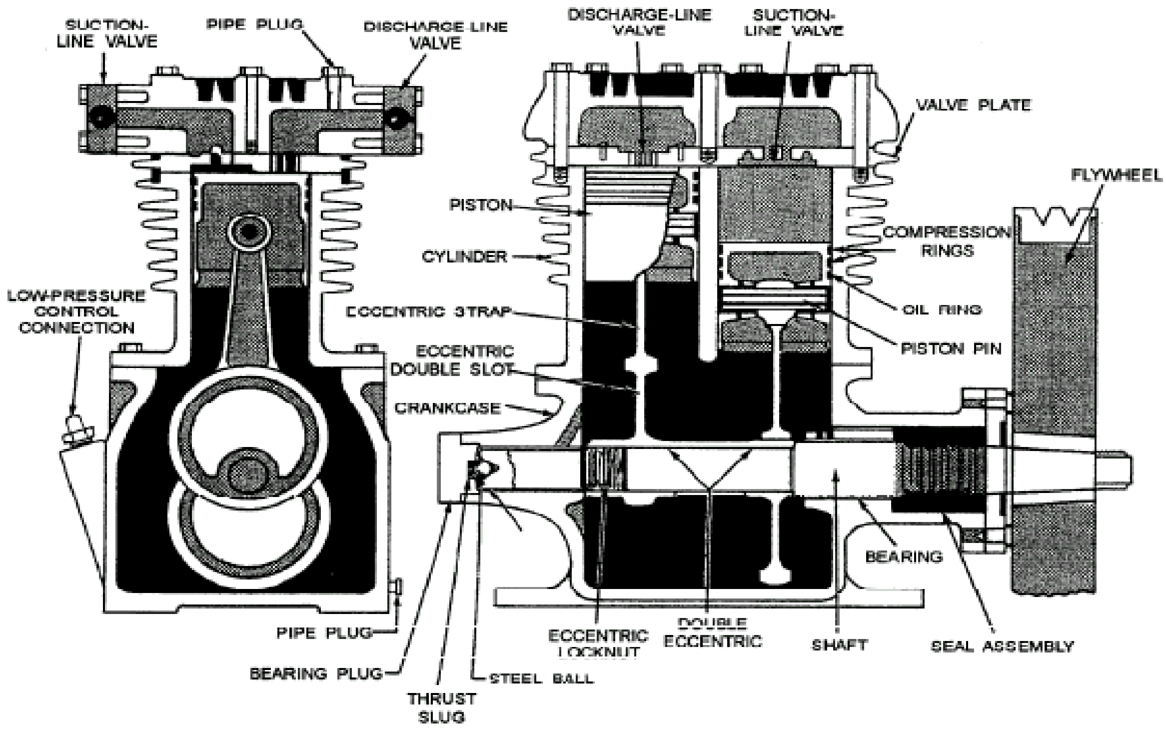
RECIPROCATING COMPRESSOR SKID



Norwalk "Century Series", Horizontal, Balance Oppose, Three Stage, Two Throw

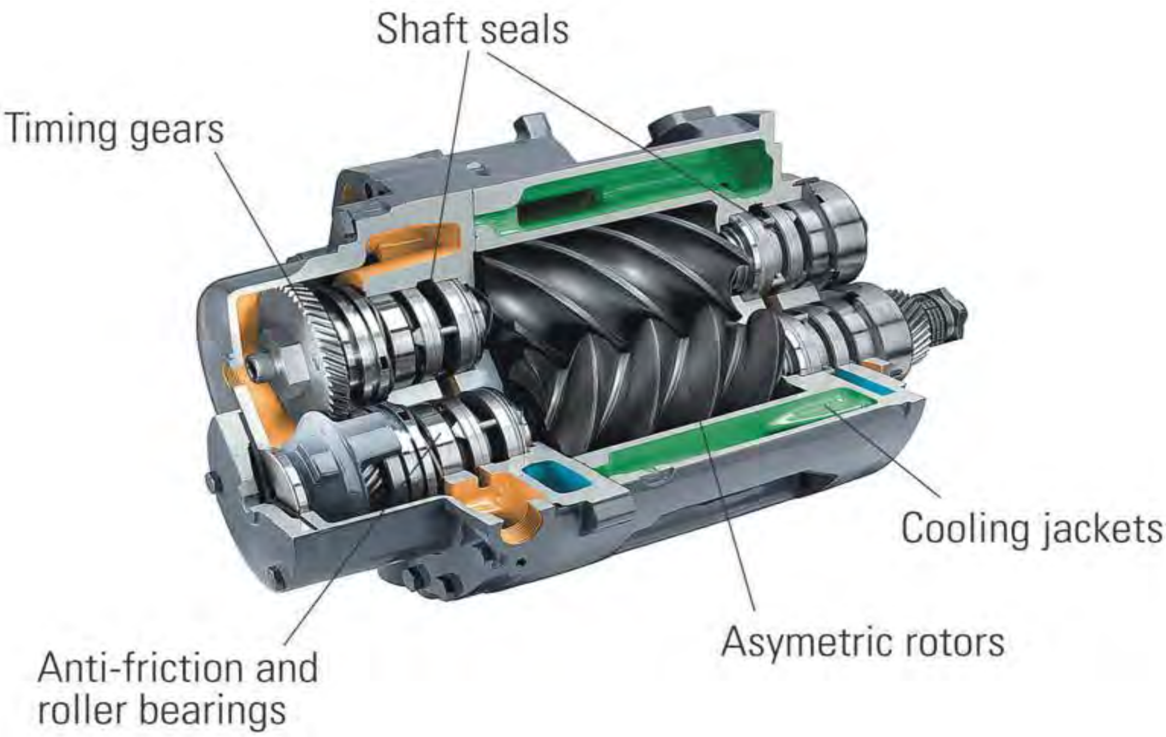
Gambar : 5 - 16

VERTICAL SINGLE-ACTING RECIPROCATING COMPRESSOR



Gambar : 5 - 17

CASING OF OIL FREE ROTARY SCREW COMPRESSOR



Rangkuman

- Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain, dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau dari suatu tempat bertekanan rendah ketempat tekanan yang lebih tinggi. Sedangkan kompresor adalah suatu alat fungsinya untuk menambah tekanan dari suatu gas.

Pompa dapat digolongkan menjadi 2 (dua) yaitu :

3. Positive Displacement Pump.

   Positive Displacement Pump adalah pompa yang aliran zat cairnya yang disebabkan desakan oleh bagian pompa.

4. Dynamic Pump.

   Dynamic Pump adalah pompa yang aliran zat cairnya yang disebabkan adanya suatu gaya sentrifugal dari perputaran bagian pompa.

LATIHAN SOAL :

1. Jelaskan fungsi pompa ?
2. Jelaskan perbedaan antara pompa dengan kompresor ?
3. Jelaskan fungsi impeller dan casing ?
4. Jelaskan fungsi Stuffing Box dan shaft (poros) ?
5. Jelaskan perbedaan antara positive displacement dengan Dynamic Pump?

BAB. VI
TANGKI TIMBUN

Setelah mengikuti pembelajaran Bab. Vi ini para siswa diharapkan dapat menjelaskan fungsi, macam-macam dan bagian-bagiannya Tangki Timbun

L. UMUM

Tangki timbun adalah sarana fasilitas penimbunan / penyimpanan minyak mentah (crude oil) dan produk-produknya untuk penerimaan dan penyimpanan sebelum minyak diolah maupun produk-produk hasil pengolahannya.

Selain itu juga digunakan mempertahankan stock BBM/BBK untuk memperlancar kebutuhan dalam Negeri juga menjamin bahwa produk yang satu tidak tercampur dengan produk lainnya sehingga menjamin mutu produk tidak terkontaminasi dengan produk lain. Tangki timbun untuk menyimpan selain minyak yang akan diolah maupun produk hasil pengolahan juga digunakan Penimbunan/Penyimpanan minyak yang berasal dari tanker, pipa ataupun sarana angkutan lainnya seperti mobil tangki dan RTW.

B. MACAM-MACAM TANGKI TIMBUN.

Macam-macam tangki timbun secara umum yang digunakan untuk menyimpan minyak bumi antara lain :

1. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (Fixed Cone Roof)
2. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (Fixed Dome Roof)
3. Tangki Silindris Tegak Atap Bergerak (Floating Roof)

4. Tangki Silindris Datar (Horizontal)

5. Tangki Silindris Datar Setengah Pendam (Horizontal emi Buried Tank) : Umumnya dipakai di lokasi Depot Kecil

6. Tangki Silindris Datar Pendam (Horizontal Buried Tank) : Umumnya dipakai di SPBU.

7. Spherical Tank : untuk menimbun bahan bakar gas yang dicairkan seperti LPG.

8. Isotank : Untuk dipasang diatas Truck Chasis.

9. Floting Storage (Tanker / Oil Barge).

Didalam pengolahan minyak bumi tangki timbun yang paling banyak dijumpai adalah :

1. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (Fixed Cone Roof)

2. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (Fixed Dome Roof)

3. Tangki Silindris Tegak Atap Bergerak (Floating Roof)

4. Spherical Tank

Gambar : 6 – 1

TANGKI SILINDRIS TEGAK ATAP TETAP KERUCUT (FIXED CONE ROOF)



Gambar : 6 – 2

TANGKI SILINDRIS TEGAK ATAP TETAP KUBAH (FIXED DOME ROOF)



Gambar : 6 – 3

. TANGKI SILINDRIS TEGAK ATAP BERGERAK (FLOATING ROOF)



Gambar : 6 – 4

SPHERICAL TANK



M. FASILITAS-FASILITAS TANGKI TIMBUN.

Tangki timbun terdapat beberapa fasilitas yang secara umum meliputi :

1. Tangga

   Tangga digunakan untuk orang naik turun ke tangki biasanya untuk mengambil contoh, mengukur tinggi cairan secara manual dan lain-lainnya.

2. Pagar Pengaman.

   Pagar pengaman untuk melindungi orang yang naik ke atas tangki.

3. Lubang Masuk.

   Lubang masuk digunakan untuk lalu orang (masuknya) orang pada waktu melakukan cleaning tangki.

4. Lubang Ukur.

   Lubang ukur untuk mengukur tinggi cairan dalam tangki (isi tangki)

5. Katup Hampa Tekan.

   Katup Hampa Tekan untuk pernapasan tangki dimana apabila tekanan dalam tangki lebih besar dari tekanan udara luar, katup akan membuka dan membuang tekanan ke atmosphire dan bila tekanan dalam tangki dibawah tekanan atmosphire katup akan membuka dan memasukkan udara luar kedalam tangki.

6. Saluran Air Penyiram.

   Saluran air penyiran adalah saluran air yang gunanya untuk mendinginkan tangki pada saat terjadi kebakaran.

7. SaluranUap Air Masuk.

   Saluran uap air (steam) masuk untuk memanaskan isi tangki agar minyak tetap keadaan cair biasanya fasilitas ini untuk tangki penyimpan minyak yang mudah membeku (biasanya minyak-minyak berat) pada kondisi embien.

8. Saluran Minyak Masuk/Keluar.

   Sa`luran minyak masuk atau keluar gunanya untuk mengisi tangki atau mengambil isi `tangki.

9. Kabel Pertanahan.

   Kabel pentanahan (grounding) untuk membuang arus listrik ketanah.

10. Lubang Masuk

    Lubang masuk digunakan untuk lalu orang (masuknya) orang pada waktu melakukan cleaning tangki.

11. Saluran Buangan Air.

    Saluran buangan air (drain) untuk membuang air yang ada dalam tangki timbun.

12. Saluran Uap Air Keluar.

    Saluran uap air keluar adalah untuk keluarnya uap air (steam) yang telah digunakan untuk memanaskan minyak dalam tangki biasanya uap yang telah digunakan untuk memanaskan minyak dalam tangki keluar sudah berbentuk kondensat (air).

13. Saluran Foam.

    Saluran foam adalah saluran bahan pemadam dalam bentuk busa apabila terjadi kebakaran dalam tangki timbun.

14. Bandul Level.

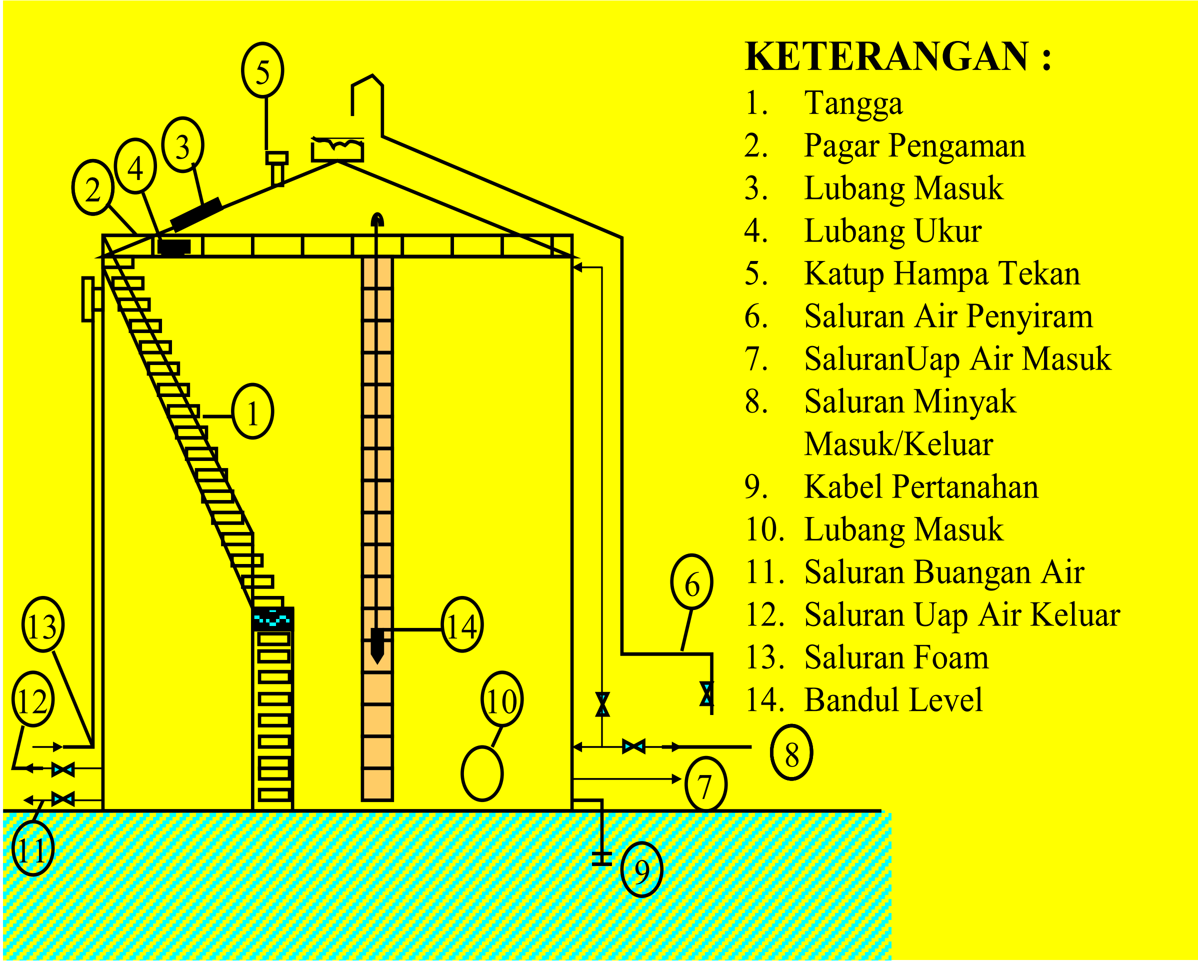
    Bandul level adalah bandul yang menunjukkan ketinggian atau banyaknya isi tangki biasanya untuk pengukuran isi tangki dengan cara floating.

Untuk tangki timbun minyak berat yang mudah membeku dijaga agar minyak tidak membeku atau tetap cair dilengkapi pemanas, dapat berupa pemanas listrik (heater listrik) atau pemanas dengan steam (uap air).

Bila pemanas dengan steam (uap air) maka didalam tangki dibagian dasar dilengkapi dengan coil pemanas.

Gambar : 6 – 5

FASILITAS TANGKI TIMBUN



Rangkuman

- Tangki timbun adalah sarana fasilitas penimbunan / penyimpanan minyak mentah (crude oil) dan produk-produknya untuk penerimaan dan penyimpanan sebelum minyak diolah maupun produk-produk hasil pengolahannya.
- Macam-macam tangki timbun secara umum yang digunakan untuk menyimpan minyak bumi antara lain :

  1. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (Fixed Cone Roof)

  2. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (Fixed Dome Roof)

  3. Tangki Silindris Tegak Atap Bergerak (Floating Roof)

  4. Tangki Silindris Datar (Horizontal)

5. Tangki Silindris Datar Setengah Pendam (Horizontal emi Buried Tank) : Umumnya dipakai di lokasi Depot Kecil

6. Tangki Silindris Datar Pendam (Horizontal Buried Tank) : Umumnya dipakai di SPBU.

7. Spherical Tank : untuk menimbun bahan bakar gas yang dicairkan seperti LPG.

8. Isotank : Untuk dipasang diatas Truck Chasis.

9. Floting Storage (Tanker / Oil Barge).

- Didalam pengolahan minyak bumi tangki timbun yang paling banyak dijumpai adalah :

  1. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (Fixed Cone Roof)

  2. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (Fixed Dome Roof)

  3. Tangki Silindris Tegak Atap Bergerak (Floating Roof)

  4. Spherical Tank

- Tangki timbun terdapat beberapa fasilitas yang secara umum meliputi :

1. Tangga	8. Saluran minyak masuk/keluar
2. Pagar pengman	9. Kabel pertanahan
3. Lubang masuk	10. Lubang masuk
4. Lubang ukur	11. Saluran buangan air
5. Katup hampa tekanan	12. Saluran uap air keluar
6. Saluran air penyiram	13. Saluran foam
7. Saluran uap air masuk	14. Bandul level

LATIHAN SOAL :

1.Sebutkan bagian-bagian tangki timbun dan fungsinya ?

2.Jelaskan fungsi tangki spherical tank ?

3Jelaskan type tangki timbun yang paling banyak digunakan di pengolahan migas ?

4.Tuliskan jenis tangki yang digunakan di SPBU ?

5.Apa fungsi dari foam chamber ?

BAB VII
ISOLASI

7.1. ISOLASI

Pentingnya isolasi adalah untuk mengurangi perpindahan panas yang ditekankan dengan menunjukan sejumlah panas yang hilang dari permukaan yang tidak di isolasi yang dipanaskan dibandingkan dengan panas hilang yang kecil dari permukaan yang di isolasi.

Yang dimaksudkan isolasi dalam hal ini untuk untuk konservasi energi.

Dikenal 2 macam isolasi,yakni:

1. Isolasi panas.
2. Isolasi dingin.

7.1.1 Isolasi Panas.

Isolasi panas dimaksudkan untuk menjaga suhu fluida di dalam peralatan (sesuai dengan kondisi operasi),agar tetap dalam batas-batas yang masih diperkenankan untuk kelangsungan proses,disamping juga untuk membatasi agar suhu permukaan luar peralatan yang diisolasi tidak berbahaya bagi keselamatan orang yang menyinggungnya .

Mengingat terbatasnya ruang dan beban yang dapat ditahan oleh peralatan yang akan di isolasi,maka dituntut jenis material isolasi yang ringan tetapi mempunyai konduktivitas panas rendah. Sebab semakin rendah nilai konduktivitas maka semakin tipis tebal isolasi,

Sehingga tujuan isolasi , yaitu :

a. Untuk mempertahankan suhu yang dikehendaki dalam peralatan.
b. Untuk pencegahan kebocoran dalam joint flange .
c. Untuk menjamin bekerja lebih nikmat pada kondisi permukaan yang di panaskan.
d. Penghematan bahan bakar

7.1.2 Isolasi Dingin.

Isolasi dingin dimaksudkan untuk mencegah kondensasi atau pengembunan pada permukaan peralatan yang bersangkutan.

Pengembunan pada permukan sisi luar benda isolasi akan terjadi apabila sama dengan titik embun udara.

Sedang titik embun udara dipengaruhi oleh kelembaban udara ,temperature udara dan kecepatan angin.

Dengan menghindarkan terjadinya pengembunan maka itu berarti membatasi masuknya udara luar yang hangat ke

Alam fluida yang bertemperatur sangat rendah sehingga kelangsungan proses produksi dapat terjamin .

Pada pelaksanaan pemasangan isolasi dingin dituntut ketelitian jauh lebih sempurna

Dibanding isolasi panas,sebab kebocoran yang terjadi pada isolasi dingin dapat berakibat terbentuknya es , karena volume es yang ditempati lebih besar dibanding Volume yang ditempati air maka akan terjadi ekspansi ruangan yang dapat berakibat jelek (missal : pipa dapat bengkok.)

7.3. .Penggunaan Isolasi Panas.

7.3.1. Pipa dan Fitting.

- Hampir pada semua pipa yang mengalirkan fluida panas sebagai pipa-pipa proses yang memerlukan panas (konservasi energi)
- Pipa-pipa yang dipanasi
-pipa panas yang perlu diisolasi untuk proteksi pegawai/pekerja.

7.3.2. Peralatan-peralatan lain

-Shell,bottom dan top suatu kolom karena prosesnya memerlukan panas.
-Reaktor,alat penukar panas (HE), reboiler.
-Vessel.
-pompa , compressor, dll
Berakibat jelek (misal : pipa bias bengkok dan lain-lain)

7.4. Peralatan yang memerlukan isolasi dingin antara lain :

-Chiller.
-Exchanger.
-pipa, pompa, vessel,dan lain-lain.
-Nitrogen plant (bisa mencapai - 175^0 C)

7.2. KARAKTERISTIK YANG DIPERLUKAN UNTUK MATERIAL ISOLASI.

Karakteristik yang perlu diketahui dan dipenuhi untuk material isolasi ini adalah :

a. Komposisi kimia :

   Tidak beracun ,tidak korosip,tidak menimbulkan bau tidak enak,tidak mudah terbakar,tidak berubah sifat karena suhu penggunaan dan humidity.

b. Density ringan (kg/m^3)

c. Koefisien hantaran panas rendah (cal/m/^{0} C/jam)

d. Specific heat rendah (cal/ ^{0} C / kg)

e. Derajat keasaman (netral).

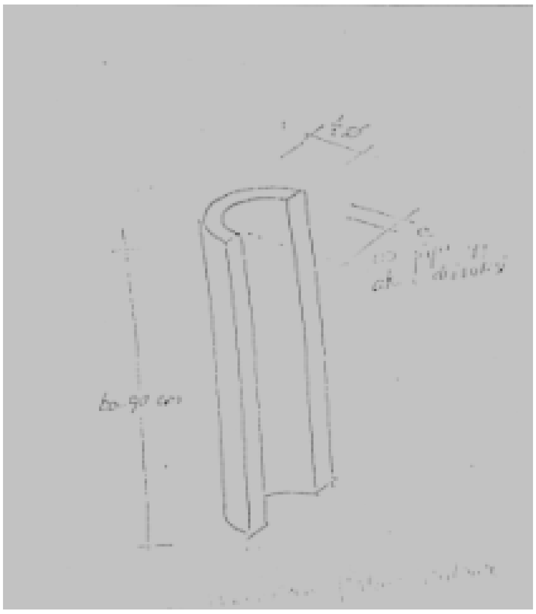
f. Kadar belerang (total nol).

7. 3. . BENTUK ISOLASI

a. Bubuk : harus dibentuk pada saat pemasangan.

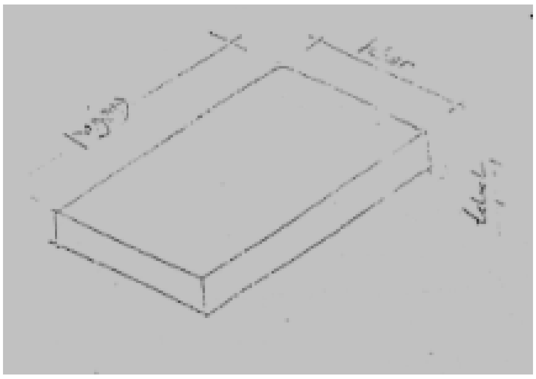
b.Prefabricated :

Pipe Cover Insulation.



- Material isolasi yang sudah dibentuk menjadi bentuk pipa dengan diameter dalam OD pipa yang akan diisolasi dan diameter luar sama dengan OD + 2e, dimana e adalah tebal isolasi yang bervariasi dari 1 inch s/d 3 inch,lebih dari 3 inch biasanya dibuat lebih dari satu lapis .panjang biasa antara
- Bahan : Calsium silicate, mineral wool dengan resin.

Blanket Insulation / slab :



- Material isolasi yang sudah dibentuk menjadi lembaran-lembaran dengan ukuran lebar x panjang x tebal ,biasanya
  60 cm x 129 – 500 cm x 2. ½ - 10 cm.
- Biasanya material dasar dari mneral wool,polyurethane, polystyryne.

-Wired mat :

-Material isolasi yang sudah dibentuk
Lembaran-lembaran yang diperkuat
Pada kedua sisinya dengan galvanized
Steel(sepert ikaat ayam),sedang
Ukuran tidak berbeda dengan blanket insulation.

7.4…MATERIAL ISOLASI

7.4.1. Material Isolasi Panas

- Calsium silicate, isolasi dari bahan hydrous calcium.
- Cellular Glass, isolasi dari bahan gelas yang dibentuk menjadi busa yang kaku da kuat.

-Diatomaceous silica, isolasi yang dibuat dari bahan diatomaceous earth dengan atau
Tanpa binder.

-Mineral fiber, isolasi yang dibuat dari bahan fiber yang diperoleh dari batu karang (rock)
Slag, atau gelas dengan atau tanpa binder

-Insulating Cement , campuran granular ,flaky, fibrous,atau powder yang apabila dicampur dengan air, membentuk material yang plastis dan apabila mengering akan membentuk lapisan relative keras yang bisa menahn panas.

-Finishing Cement, campuran kering dari fibrous atau powder material atau keduanya

Yang bila di campur air akan membentuk material plastis yang jika sudah kering akan

Membentuk lapisan relative keras (lebih keras dari insulating cement).

-Rock Wool : komposisi silicat.

7.4.2. Material Isolasi Dingin

- Expanded polystyrene (fuezer)
- Steam expanded cork density 12 - 138 kg / m^3, temp 0 – (- 82^0) C. ASTM C 339.58
- Foam Glass , 0 – (- 82 ^{0}) C
- Glass Wool filter type canroe 511 (Roc leine)
- Polyurethen.

7.5.2. Isolasi dingin.

- Cork Board & Cork pipe Insulation for low temperature Thermal Insulation berdasar

ASTM – C – 640.

-Mineral Fiber Blanket Felt Insulation berdasar ASTM –C -553

-Rigid Performed Cellular , Urethane Thermal Insulation berdasar ASTM – C – 591.

7.6. MATERIAL PELENGKAP ISOLASI

7.6.1. Penguat dan Pengikat.

Isolasi bukan bahan yg mudah melekat terhdap banyak peralatan ,oleh karenanya perlu diikat agar melekat pada peralatan yang di isolasi.

Pengikat yang biasa digunakan adalah :

-Kawat 3 mm atau 2 ,5 mm dilapisi zn (seng).
-binding strip 3 cm x 1,5 mm galvanize steel strips untuk vessel.
-Kawat ayam, ukuran 25 mm ,mesh. Sebagai penunjang (reinforcing wire mesh).

7.6.2. Support.

Isolasi perlu di support / ditahan agar tidak berubah bentuknya ,terutama untuk isolasi-isolasi peralatan /vessel dsb.untuk vessel dibuat support ring setebal 5 cm oleh vessel manufacturer , lebar ring tergantung pada tebal isolasi .support ring dipasang dengan keharusan agar tidak menahan air.

7.6.3. Pelindung.

Terhadap pengaruh luar / hujan ,panas matahari ,angin dll, isolasi perlu diproteksi dengan :

Jaket pelapis , antara lain :
-Alumunium sheet.
-Galvanized steel sheet ASTM A-93 class 1.25 commercial.
Coating dengan flincote.

7.7. CARA PEMASANGAN ISOLASI

7.7.1. Hal –hal yang perlu diperhatikan pada pemasangan isolasi.

Sebelumdipakai ,material isolasi harus tetap dalam kondisi yang bagus (kering , dimensi yang belum terganggu,bersih dari kotoran / benda yang tidak diinginkan).

Benda yang akan diisolasi harus bersih dari segala bentuk kotoran (karat, oli, minyak dan lain-lain), untuk service temperatur $< 93\ ^{0}$ C perlu di coating dulu.

Benda yang akan diisolasi (pipa , vessel , peralatan), harus sudah di hidro test lebih dulu.

Bagian-bagian benda yang akan sering dibuka / tutup selama pemeliharaan , isolasinya dibuat sedemikian hingga mudah dibuka dan ditutup tanpa merusak isolasi lain – lainnya.

Name plate ,code inpection plate , stamping dan lain-lain tidak boleh diisolasi.

7.7.2. Spesifikasi Pemasangan Isolasi

Pemasangan material isolasi dibatasi oleh spesifikasi yang mengatur antara lain :

-Jarak pengikat (wire dan binding) jacket ting.

-Tebal, dalam dan panjang gelombang alumunium jacket.

-Type dan tebal isolasi yang akan dipasang.

Typical detail pemasangan.

7.8. SYARAT-SYARAT YANG PERLU DIPERHATIKAN DALAM PEMILIHAN ISOLASI

a. Mempunyai sifat ketahanan terhadap panas (heat resisting quality) yang sesuai untuk menghadapi suhu kerja alat-alat yang maksimum.

b. Low Thermal Conductivity.

c. Cukup kuat dan tahan lama dan tak mudah berubah bentuknya.

d. Mudah pemakaiannya (adptability)

e. Tahan terhadap kelembaban (moisture) dan terhadap asap bahan kimia.

f. Tebal yang sesuai untuk :

- Mendapatkan penghematan panas yang paling ekonomis .

-Mencegah temperatur drop yang berlebihan .

-Mencegah terjadinya pengembunan kondensasi didalam pipa steam.

7.9. FAKTOR – FAKTOR UMUM YANG PERLU DIPERHATIKAN PADA PEMAKAIAN ISOLASI

a. isolasi harus melekat kuat dan aman pada pipa atau pada permukaan panas lainnya (HE).

Adanya rongga udara antara pipa dengan isolasi memudahkan hilangnya panas melalui celah-celah pada sambungan isolasi atau retakan-retakan

b. sambungan-sambungan isolasi harus cukup rapat

bagi isolasi yang berlapis-lapis, lapisan harus disusun sedemikian rupa sehingga mengurangi heat losses melalui sela-sela sambungan, tertama untuk suhu tinggi sebagai akibat adanya getaran-getaran pada pipa.

c. isolasi harus dilindungi dari gesekan-gesekan sentuhan-sentuhanatau pukulan-pukulan dari benda lain jangan dipukul untuk berjalan.

Alat pelindung bila terpaksa harus mengalami pukulan ialah : —sheet metal jacket atau bumper"

d. untuk out door piping atau indor piping insulation bila ada kemungkinan kena percikan zat cair (dan proses) atau kena basah, harus dilapis bagian paling luarnya dengan bahan tahan lembab (moisture resisting finis) misal :

- asnbeslos weather proof jacket bagi pipa isolasi atau,
-asphaltic cement finish bagi isolasi untuk bukan pipa (fitting atau yang surfacenya tak teratur).

e. untuk indoor piping bila tak terlindungi bagian luarnya harus dilapii canvas (kain terpal) , bagian luar yang di lem ataub di jahit dan di cat dengan dua lapis (dengan cat finst quality).

f. Bagi flange yang sering di bongkar perlu memakai flange insulation cover yang mudah di bongkar atau di ganti.

g. Pemasangan seharusnya oleh orang terlatih dan ahli.

7.10. PROSEDUR MAINTENANCE

Dalam rangka maintenance peralatan – peralatan yang di isolasi maka sebelum mengadakan pembongkaran dan penggantian isolasi perlu dipelajari dulu jenis kerusakan dan sebab-sebabnya , baru setelah itu menentukan langkah-langkah yang harus diambil.

7.10.1. Jenis Kerusakan.

1. Isolasi rusak : seperti basah, lumutan, rontok dan lain-lain.

Basah atau lumutan biasa disebabkan karena adanya kebocoran dari lapisan

Penutup.

Rontok bisa disebabkan karena tidak sesuai pemakaian material.

2.Lapisan Penutup Rusak :

Lapisan penutup keras seperti alumunium jacket rusak, mungkin disebabkan

Tumburan mekanis.

Lapisan penutup plastik seperti mastic, weathercoat rusak karena kembang susut

Yang cepat ,sehingga timbul keretakan.

3.Perlengkapan isolasi rusak :

Misal : binding / kawat pengikat putus , Rivet / self taping screw lepas , dan lain2.

7.10.2. Cara Perbaikan.

1. Jika isolasi rusak , maka harus diganti isolasinya.

Dalam hal ini harus dipelajari dulu kemungkinannya, sebab jika servisnya dingin maka unit

Perlu stop dulu atau tunggu kesempatan shut down

2.jika lapisan penutup rusak maka harus segera diperbaiki agar kerusakan tidak merambat ke

Isolasinya , perlu dipelajari dulu kemungkinannya terutama terhadap ketinggiannya, hal sama

Berlaku jika perlengkapan isolasi yang rusak,

Rangkuman

- Pentingnya Isolasi adalah untuk mengurangi perpindahan panas yang ditekankan dengan menunjukan sejumlah panas yang hilang dari permukaan yang tidak di isolasi yang dipanaskan dibandingkan dengan panas hilang yang kecil dari permukaan yang di isolasi.
- Dikenal 2 macam isolasi,yakni:
  Isolasi panas.
  Isolasi dingin.
- Karakteristik yang perlu diketahui dan dipenuhi untuk material isolasi ini adalah :

1. Komposisi kimia :

   Tidak beracun ,tidak korosip,tidak menimbulkan bau tidak enak,tidak mudah terbakar,tidak berubah sifat karena suhu penggunaan dan humidity.

2. Density ringan (kg/m^3)
3. Koefisien hantaran panas rendah ($cal/m/^0 C/jam$)
4. Specific heat rendah ($cal/ ^0 C / kg$)
5. Derajat keasaman (netral).
6. Kadar belerang (total nol).

Latihan

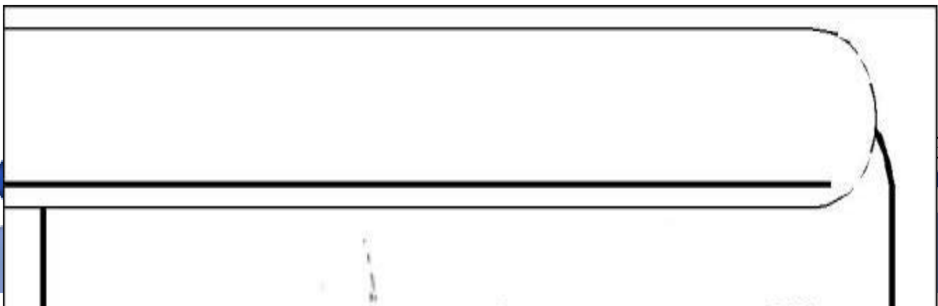
1. Peralatan apa saja yang memerlukan isolasi panas dan isolasi dingin?
2. Sebutkan material isolasi panas dan dingin?
3. Apa yang di maksud dengan isolasi panas dan isolasi dingin ?
4. Syarat- syarat apa saja yang perluh di perhatikan dalam pemilihan isolasi?
5. Apa tujuan di isolasi?

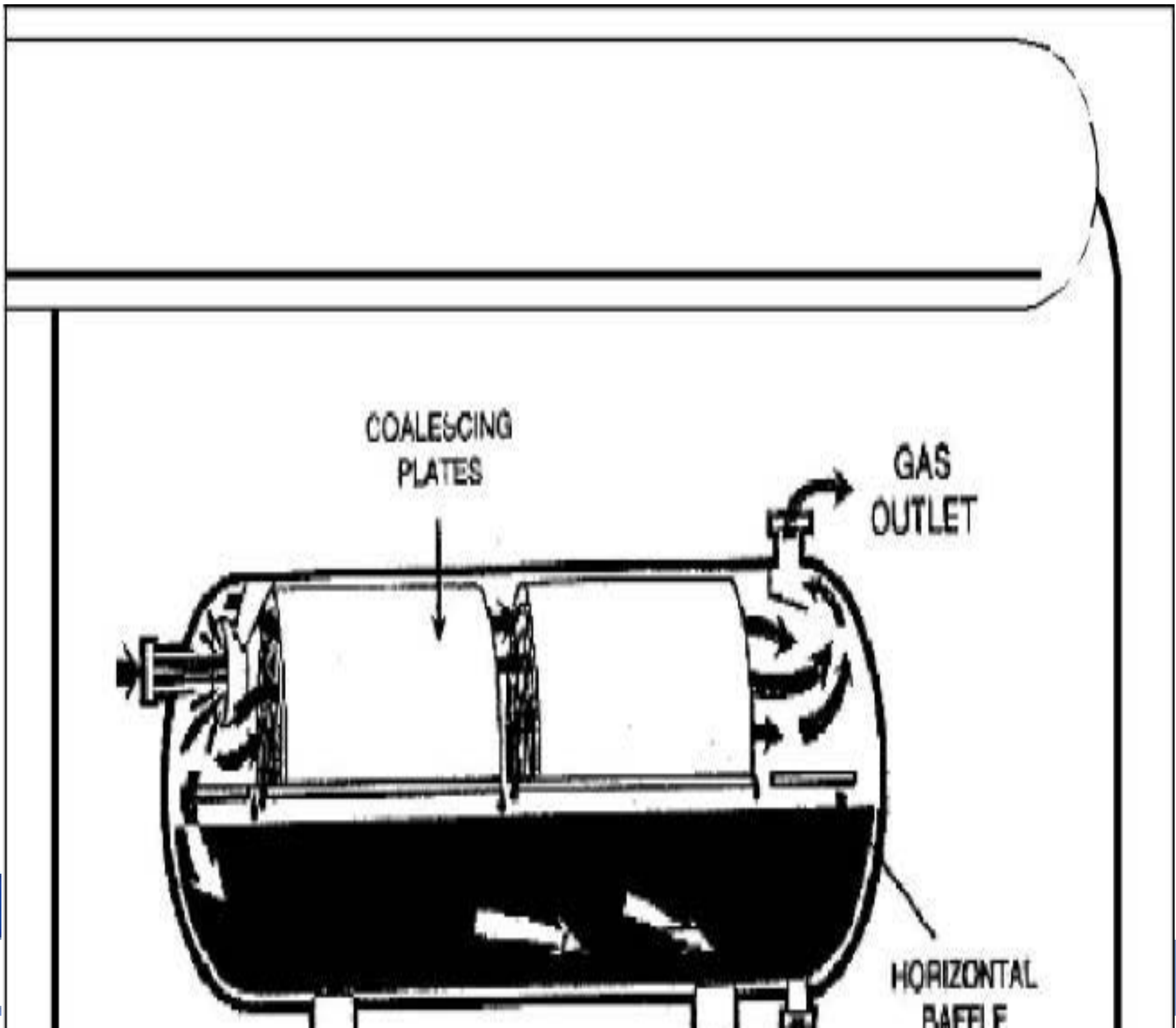
BAB VIII

SEPARATOR

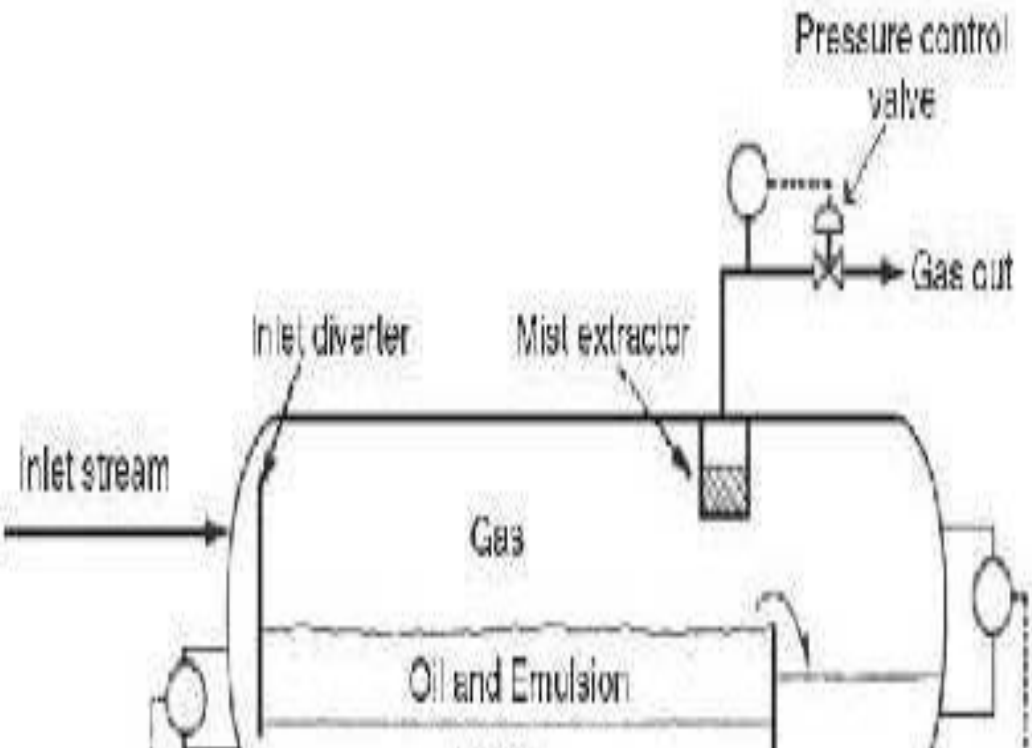
Proses pemisahan (separation proses) merupakan proses untuk memisahkan campuran air-minyak-gas, atau minyak-gas.
Prinsip kerja: gaya gravitasi mengakibatkan cairan jatuh ke bawah, sedangkan uap bergerak ke atas pada laju desain minimum entrainment butiran cairan ke dalam uap

Alat untuk melangsungkan proses ini sering disebut juga Separator, Scrubber, KO (Knock-out) drum, Compressor Suction Drum atau Compressor Inlet D.

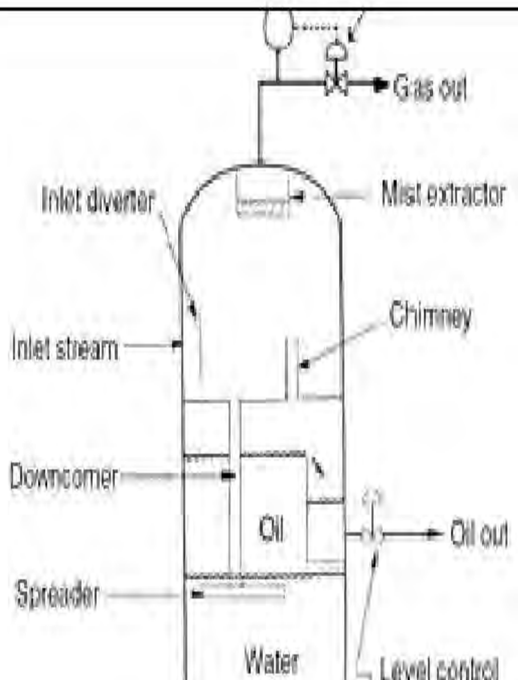


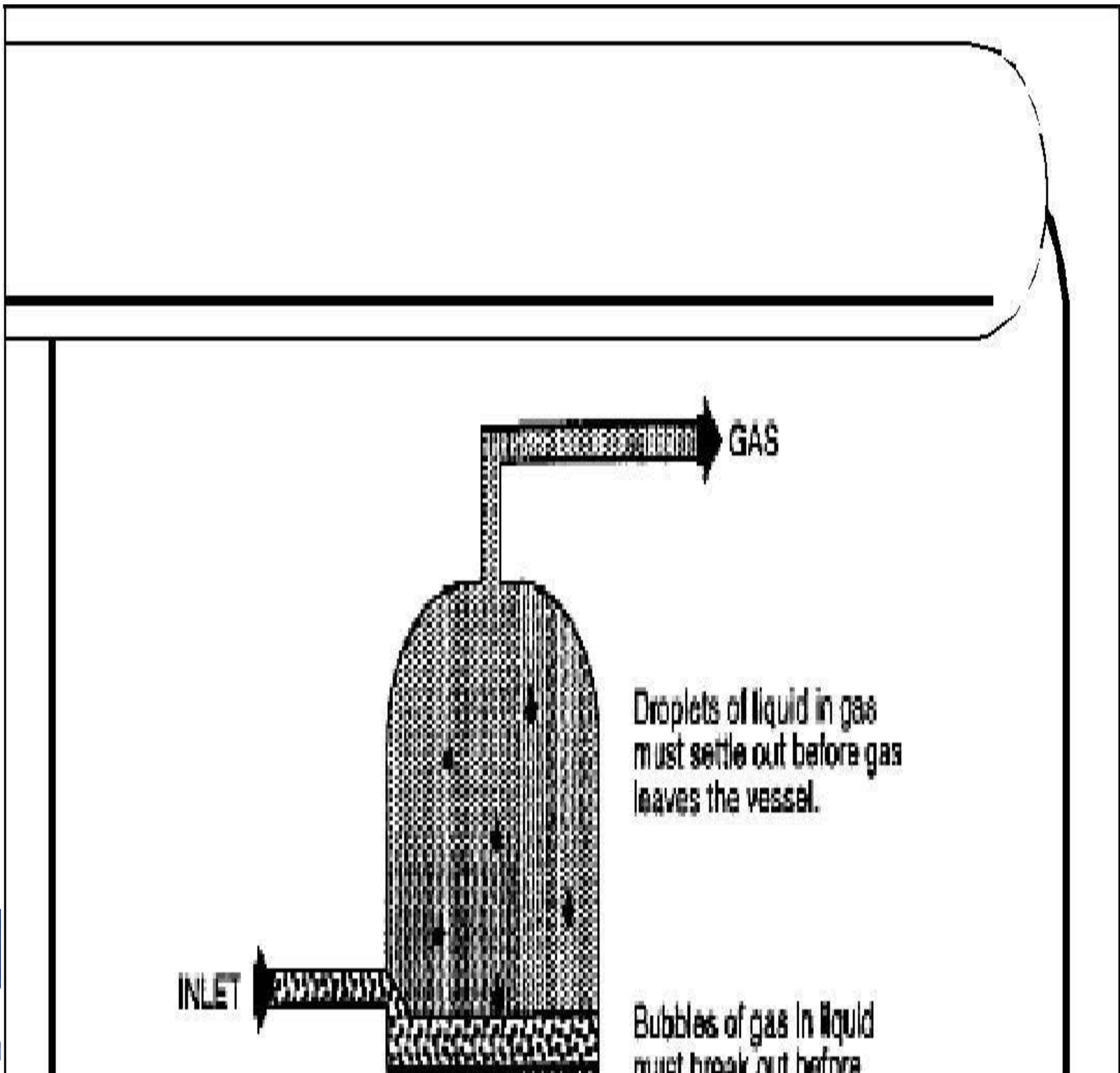

COALESCING PLATES
GAS OUTLET
HORIZONTAL BAFFLE

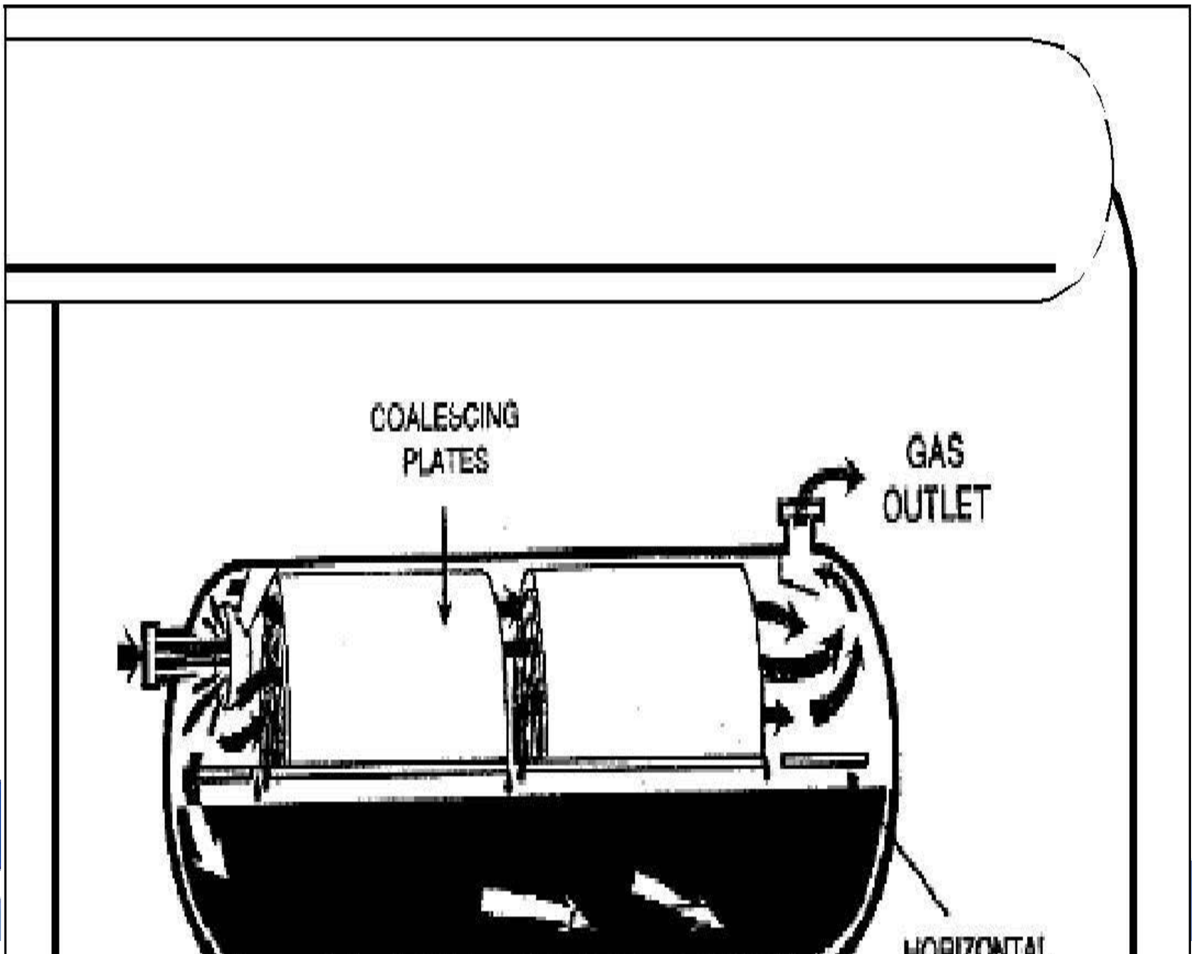
Horisontal 2 Fase

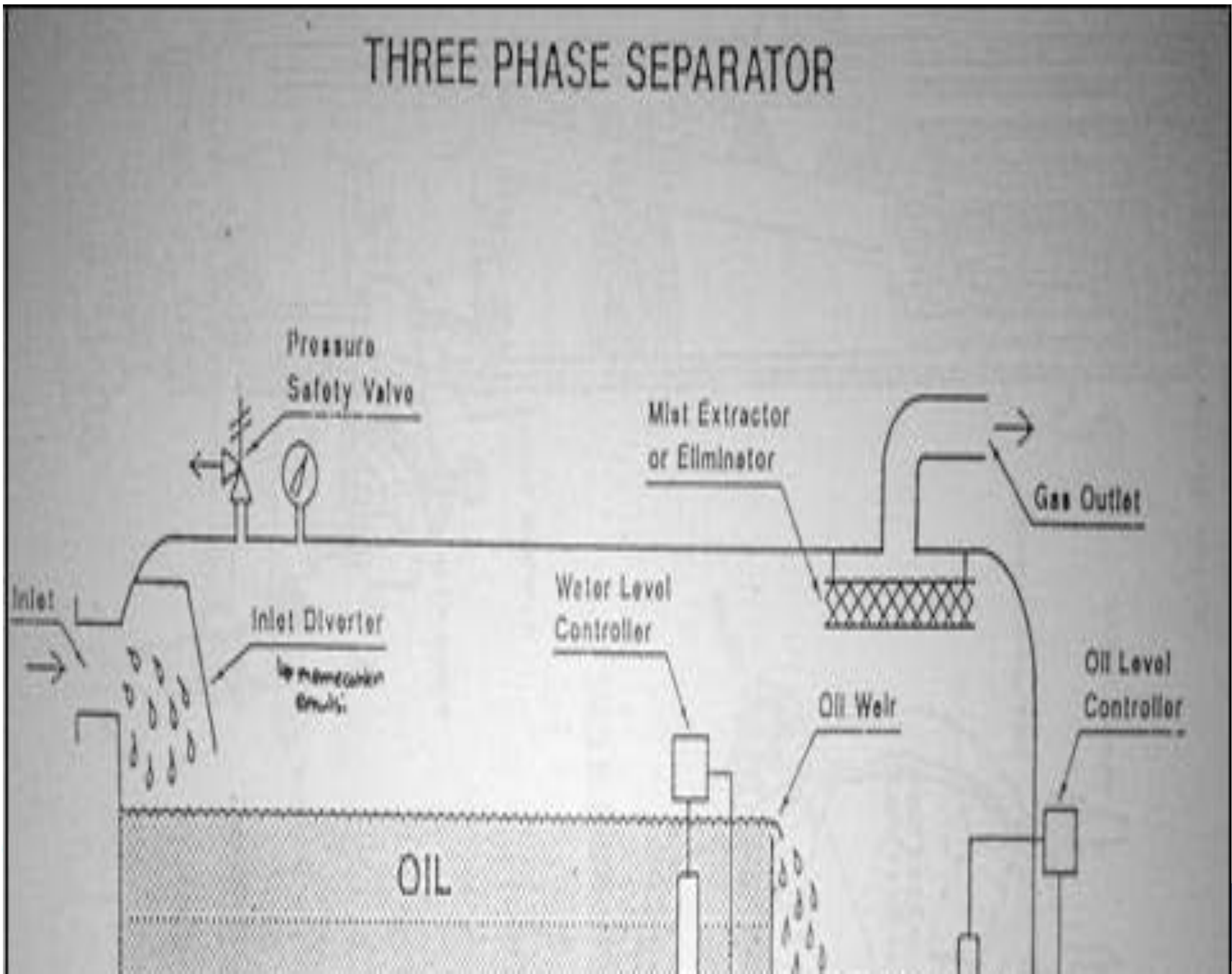


Vertical 2 -fase




GAS
Droplets of liquid in gas must settle out before gas leaves the vessel.
INLET
Bubbles of gas in liquid


COALESCING
PLATES
GAS
OUTLET


THREE PHASE SEPARATOR
Pressure
Safety Valve
Mist Extractor
or Eliminator
Gas Outlet
Inlet
Inlet Diverter
Water Level
Controller
Oil Weir
Oil Level
Controller
OIL

- Dua faktor umum yang menentukan pemisahan:
  Fluida yang akan dipisahkan harus tidak larut.
  Salah satu fluida harus lebih ringan dibanding yang lain.
  Pemisahan gas dari cairan melalui dua tahap pemisahan

- Memisahkan kabut cairan (*liquid mist*) dari fase gas. Memisahkan gas dalam bentuk busa dari fase cair
- Butiran kabut cairan akan memisah dari gas,
  Gas cukup lama berada dalam separator
  Aliran gas melalui separator cukup lambat sehingga tidak ada turbulensi yang akan mencegah cairan terpisah dari gas.

- ***MIST***

  Butiran air sangat halus

  Terpisah dari gas pada tekanan 750 psig dan kecepatan kurang dari 1 ft/s

  Separator horisontal memberikan kemungkinan kecepatan lebih rendah dari 1 ft/s

- Pengaruh tekanan gas sangat penting
  Contoh: Densitas 0,1 lb/cf pada 15 psig

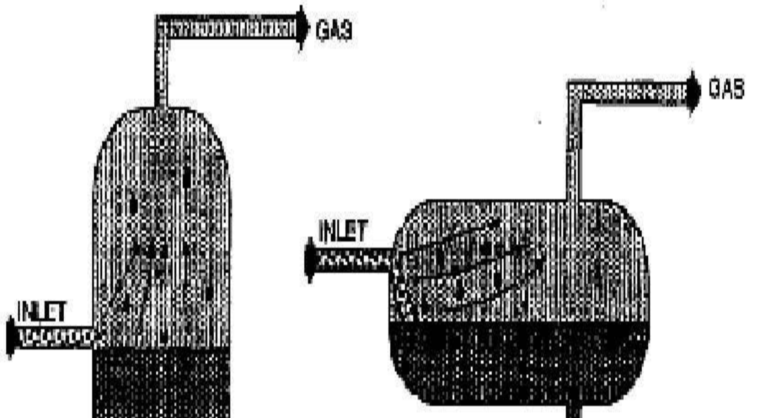
2,25 lb/cf pada 750 psig

- Gelembung gas akan pecah sekitar 30-60 detik.
  Biasanya separator dirancang agar cairan —tinggal” berkisar antara 30 dan 60 detik (waktu tinggal, *residence time*)
  Prinsip penting adalah *coalescence* (penggabungan atau penggumpalan) butiran air yang kecil menjadi butiran besar dan jatuh.

LIQUID RESIDENCE TIME

TYPE OF SEPARATION	LIQUID RESIDENCE TIME, MINUTES
Gas/Water	1 Minute
Gas/Distillate or Condensate	1 Minute
Gas/Glycol	2 Minutes
Gas/Crude Oil	3 Minutes
Gas/Water/Distillate	3 Minutes
Gas/Water/Crude Oil	5 Minutes

SEPARATION FACTOR	EFFECT OF FACTOR
1. Difference in weight of fluids	Separation is easier when weight difference is greater. Smaller vessel can be used.
2. Residence time in separator.	Separation is better with more time.
3. Coalescing surface area.	Separation is better with more area,



Faktor yang berpengaruh pada pemisahan

1. Viskositas fluida
2. Densitas fluida
3. Tekanan dalam separator
4. Suhu dalam separator

5. Waktu tinggal , yang dipengaruhi oleh:
   - ✓ Laju fluida masuk
   - ✓ Volume separator

- Tipe separator

Berdasarbentuk:

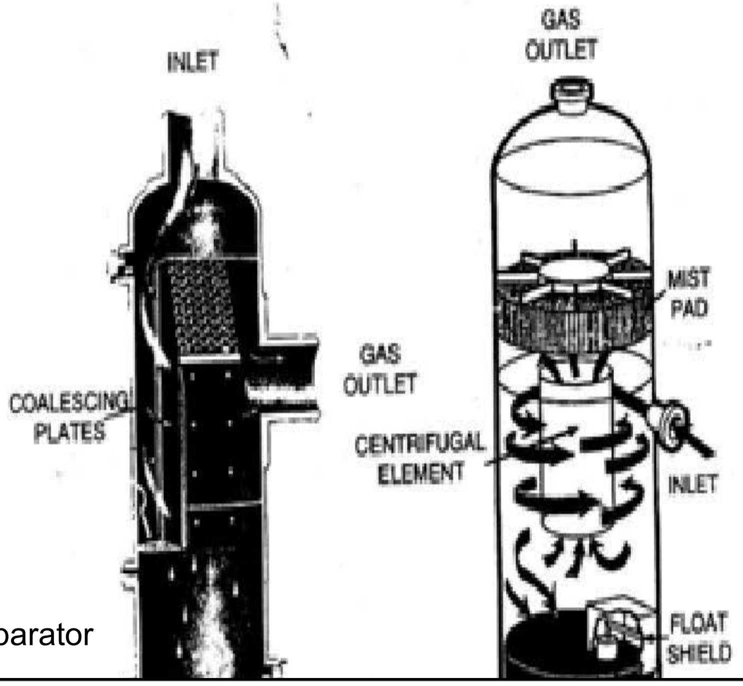
Vertikal Horisontal Bola

Berdasarjumlah fasa:
Separator 2 fasa

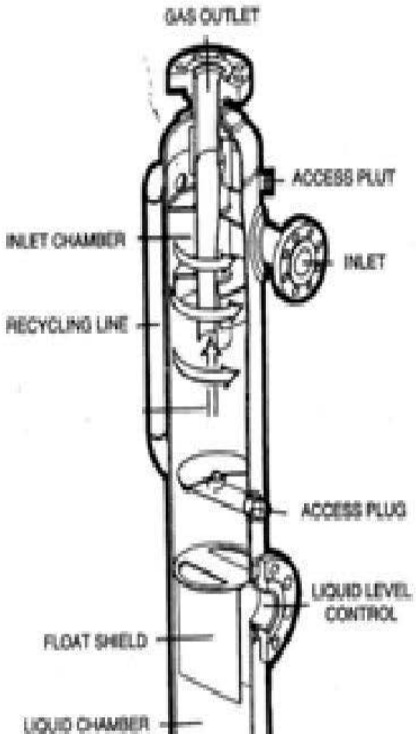
Keluarannya fasa gas dan cair (minyak dan air)
Separator 3 fasa

Keluarannya fasa gas, minyak, dan air

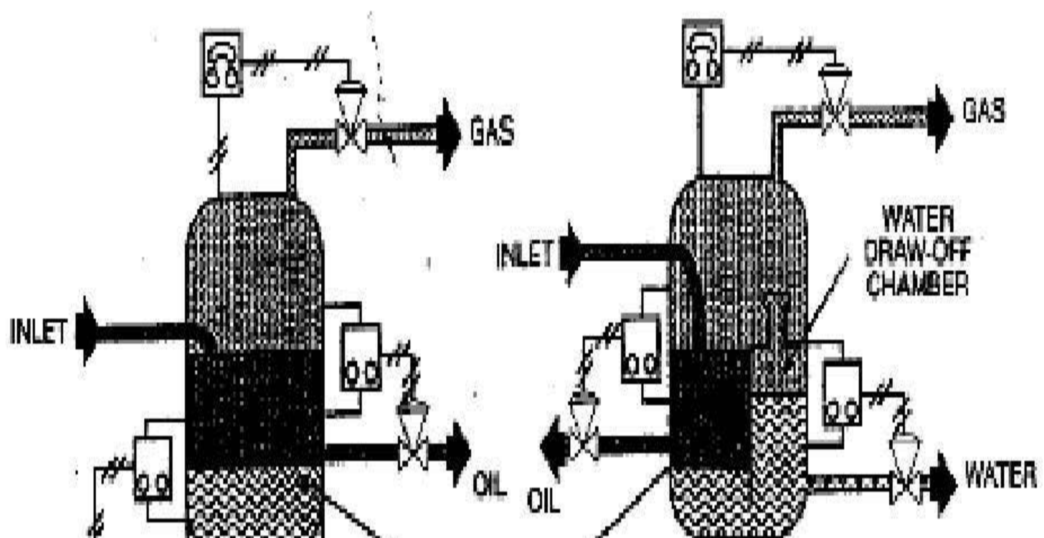
- Vertical 2 fase



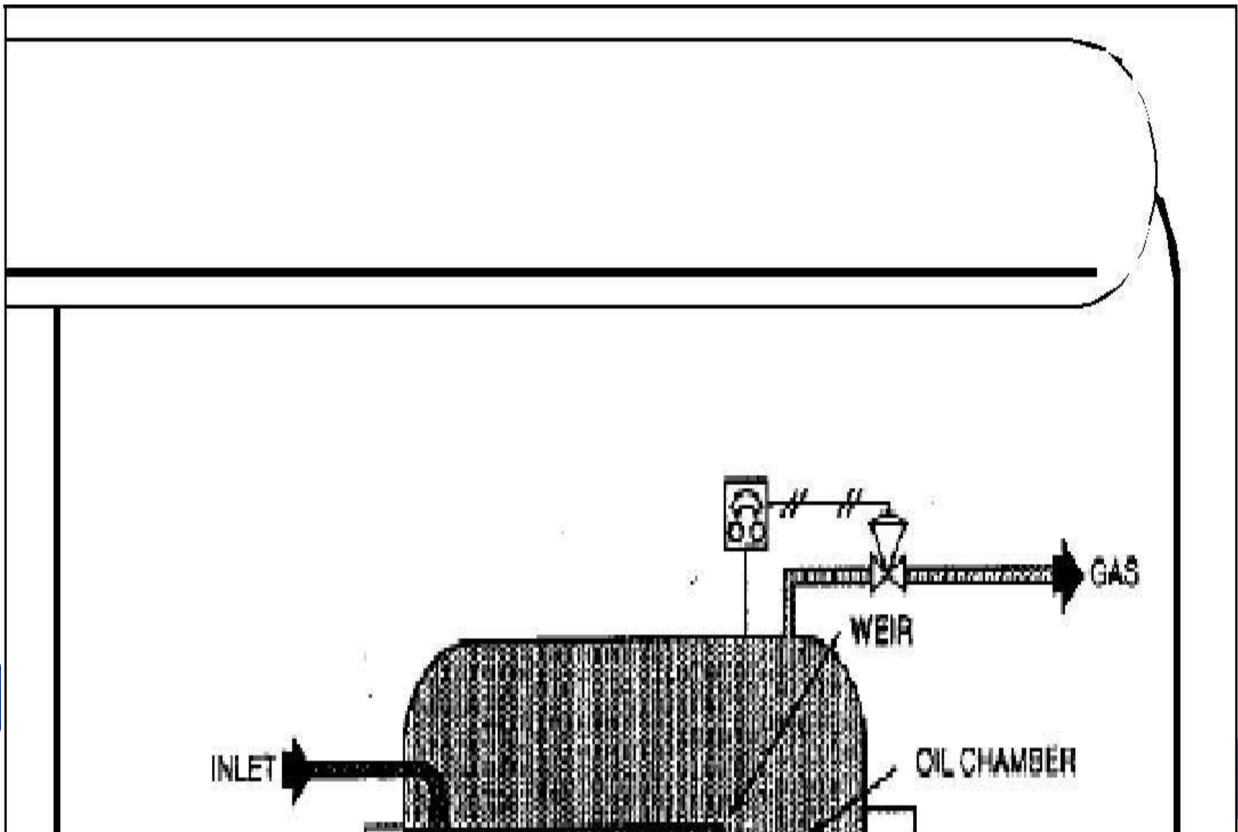
Centrifugal Separator

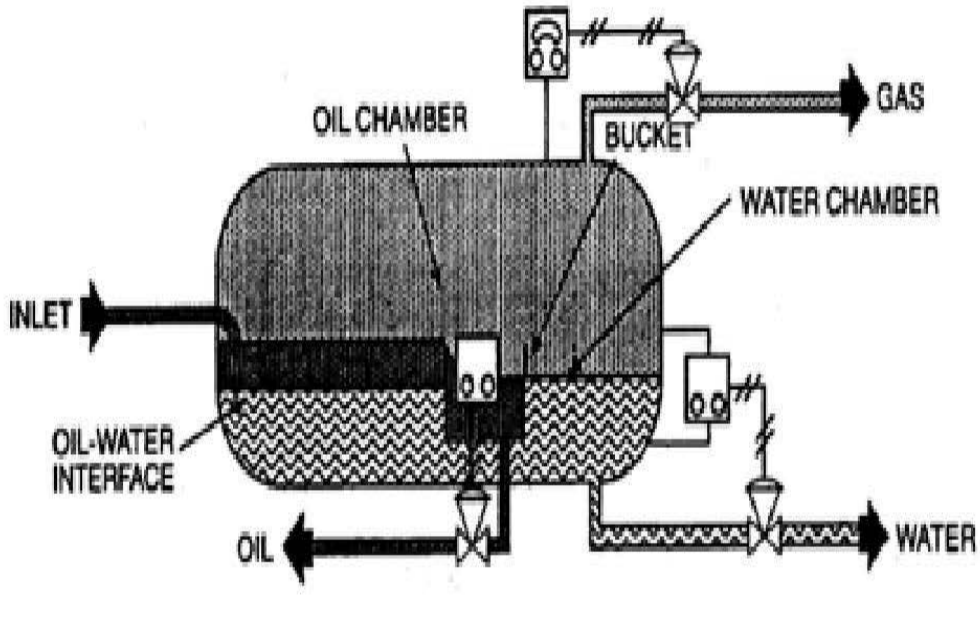


Flow in 3 Phase Separator



Flow in 3 Phase Separator





HORIZONTAL 3-PHASE SEPARATOR WITH OIL BUCKET

- Perlengkapan Luar

Peralatan atau perlengkapan separator

Liquid level control:

Agar cairan tidak terbawa aliran gas Agar gas tidak terbuang ke tangki

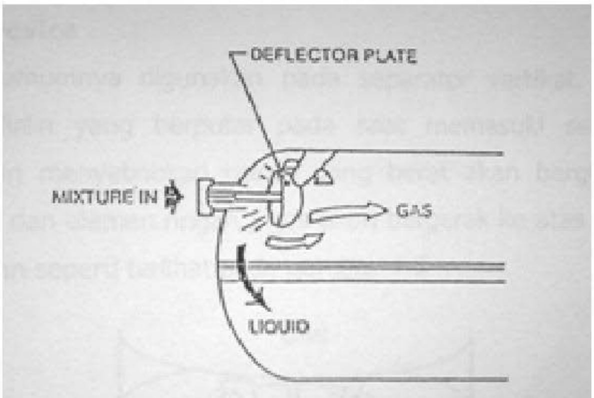
Memberi cairan —tinggal” sejenak untuk membebaskan gas

Gelas duga Manometer

Safety valve, *rupture disk Man hole* atau *hand hole Pressure control*

Pentanahan (*grounding*)

- Perlengkapan Dalam
  1. Deflector plate
  2. Weir
  3. piranti sentrifugal
  4. vortex breaker
  5. demister pad
  6. coalesoing plates
  7. straightening vanes
  8. float shield



- Bagian utama Separator.

Separator memilki 4 daerah pemisahan

1. Primary section
2. Gravity settling section
3. Mist extraction section
4. Liquid collecting section

- Separator Vertikal

  Kelebihan :

  1. Pengendalian level cairan tidak rumit
  2. Dapat menangani pasir dalam jumlah lebih besar
  3. Mudah di bersihkan , karena bagia bawah berbentuk kerucut
  4. Mempunyai kapasitas surge yang besar

  Kekurangan :

  1. Lebih sulit merawat instrument keselamatan yng terpasang di atas
  2. Pemasangan keluaran gas lebih sulit
  3. Harga lebih mahal
  4. Membutuhkan diaeter lebih basar untuk suatu kapasitas gas tertentu

- Separatan horizontal

Kelebihan :

1.lebih murah dibandingkan separator vertical

2.dapat menampung minyak mentah yang berbusa

3. mudah di angkut

4. lebih efisien & ekonomis untuk suatu kapasitas gas dalam jumlah besar

5. Diperlukan diameter lebih kecil untuk suatu kapasitas gas tertentu

Kekurangan

- Lebih sulit membersihkan pasir di dalam separator
- Pemasangannya memerlukan ruangan lebih luas, kecuali disusun Bertingkat

Separator Bola

Kelebihan:

_ Lebih murah dibanding separator vertikal dan horisontal

_ Lebih mudah dibersihkan dibanding separator vertikal

Kekurangan

_ Pengendalian level paling sulit.

PRINSIP OPERASIONAL SEPARATOR

- UNTUK MENGOPERASIONALKAN SEPARATOR, MAKA HARUS DIKETAHU BEBERAPA HAL
- YANG KE 1 : APA PRINSIP-PRINSIP OPERASIONAL SEPARATOR
- YANG KE 2 : APA BAGIAN-BAGIAN SEPARATOR DAN FUNGSINYA

- KE 3 : BERAPA KAPASITAS OPERASIONAL PALING RENDAH DAN PALING TINGGI
- KE 4 : APAKAH SEPARATOR AMAN UNTUK DIOPERASIKAN (SEPARATOR SBG PRESSURE VESSEL)

PRINSIP KE 1

- SEPARATOR ADALAH PERALATAN UNTUK MEMISAH FASE, BUKAN KOMPONEN
- FASE YANG DIMAKSUD ADALAH FASE GAS-CAIR, ATAU CAIR-CAIR
- APAPUN KEADAANNYA, PEMISAHAN TIDAK AKAN TUNTAS (CAIRAN MASIH MENGANDUNG GAS, GAS MASIH MENGANDUNG CAIRAN)
- UNTUK LEBIH TUNTAS, KADANG-KADANG PERLU DUA TINGKAT ATAU LEBIH : HP SEPARATOR, MP SEPARATOR, LP SEPARATOR
- MENGAPA ?
- ADA SIFAT ALAMIAH YANG DISEBUT KESETIMBANGAN UAP-CAIRAN (HUKUM ROULT, HUKUM HENRY , DLL)
- ARTINYA WALAUPUN SUHU RENDAH (DIBAWAH TITIK DIDIH), CAIRAN AKAN SELALU MENGUAP DALAM BATAS TERTENTU, GAS AKAN MENCAIR DALAM BATAS TERTENTU.
- CONTOH : PADA SUHU 30 o C, AIR DALAM ADA BENTUK UAP (DISEBUT KELEMBABAN), UDARA ADA DALAM BENTUK — CAIR— SEHINGGA IKAN DAPAT BERNAFAS (DISEBUT UDARA TERLARUT)
- MINYAK DAN GAS BUMI, MENGIKUTI HAL YANG SAMA.
- KASUS MINYAK DAN GAS BUMI : MINYAK BUMI CAIR SELALU MENGANDUNG GAS BUMI, GAS BUMI SELALU MENGANDUNG CAIRAN MINYAK.
- APA ARTINYA ?

- FASA GAS YANG TELAH —TUNTAS” DIPISAHKAN DALAM SEPARATOR, MASIH MENGANDUNG —CAIRAN MINYAK”. AKIBATNYA, DIPERJALANAN, DAPAT MENJADI CAIR KEMBALI, KALAU KONDISI LINGKUNGAN MEMUNGKINKAN.
- BAGAIMANA DENGAN FASE CAIRAN YANG TERPISAH DARI SEPARATOR ? BERILAH JAWABANNYA
- YANG MENJADI PERTANYAAN, BAGAIMANA CARA MENDAPAT GAS YANG BETUL BETUL BERSIH DARI CAIRAN DAN CAIRAN YANG BETUL BETUL BERSIH DARI GAS ?
- SEPARATOR TIDAK MUNGKIN
- DIPAKAI METODA PEMISAHAN KOMPONEN (BUKAN PEMISAHAN FASE)
- PEMISAHAN KOMPONEN MEMAKAI METODA FRAKSINASI (DEBUTANIZER, STABILIZER, LIQUID EXTRACTION , LPG PLAN)
- PRINSIPNYA SEPERTI SEPARATOR YANG DILAKSANAKAN BERKALI-KALI DITAMBAH SIRAMAN —REFLUX”
- BAGAIMANA SEPARATOR CAIR-CAIR ? (MISALNYA AIR DAN MINYAK. AIR DALAM MINYAK TERDAPAT DALAM SEPARATOR 3 FASA, MINYAK DALAM AIR TERDAPAT DALAM AIR BUANGAN/AIR LIMBAH)
- PEMISAHAN INI SEBETULNYA BISA LEBIH TUNTAS KARENA TIDAK SALING MELARUTKAN.
- YANG MENJADI MASALAH ADALAH BAHWA UNTUK PARTIKEL BESAR, MAKA MUDAH DIPISAHKAN , TETAPI PARTIKEL KECIL SUKAR DIPISAHKAN (DALAM ARTI WAKTU PEMISAHAN LAMA)
- BAHKAN BILA UKURAN SANGAT KECIL (DIBAWAH 10 MIKRON, TAK DAPAT DIPISAHKAN SAMA SEKALI KARENA BERSATU MEMBENTUK EMULSI.

PRISIP 2 CARA KERJA
SEPARATOR GAS-CAIR

- PEMISAHAN KARENA BEDA DENSITY DAN GRAVITASI BUMI.

- AGAR TERPISAH MAKA HARUS TIDAK ADA GANGGUAN TERHADAP GRAVITASI DAN BEDA DENSITY INI UNTUK BEKERJA.
- GAYA GRAVITASI TERGANGGU KARENA KECEPATAN ALIRAN YANG TINGGI
- DENSITY AKAN BERKURANG PENGARUHNYA KALAU UKURAN BINTIK CAIRAN KECIL
- YANG BAIK : KECEPATAN ALIRAN RENDAH, UKURAN PARTIKEL BESAR, DAN DIBUAT EFEK GRAVITASI TAMBAHAN

CAMPURAN GAS – CAIR

- DAPAT BERUPA CAIRAN TERIKUT DALAM GAS
- DAPAT BERBENTUK GAS TERIKUT DALAMCAIRAN
- DAPAT BERBENTUK CAIRAN DAN GAS DALAM

  JUMLAH YANG SAMA BESAR
- BERBAGAI NAMASEPARATOR : ACCU DRUM, KO

  DRUM , HP-MP-LP SEPARATOR DLL

TINJAUAN PROSES

- PADA UMUMNYA DIGUNAKAN UNTUK PEMISAHAN FASE ATAU KOMPONEN
- PEMISAHAN FASE :SEPARATOR (GAS DAN CAIR SAMA-SAMA DOMINAN), KO DRUM (CAIRAN SEDIKIT), ACCUMULATOR DRUM (GAS SEDIKIT)DLL
- PEMISAHAN KOMPONEN : FRAKSINASI, ABSORBSI, ADSORBSI DLL
- SECARA KHUSUS DIGUNAKAN SEBAGAI TEMPAT REAKSI (REAKTOR)

PEMISAHAN FASE

- FASE YANG AKAN DIPISAH UMUNYA FASE GAS, FASECAIR MINYAK DAN FASE CAIR GAS
- BENTUK CAMPURAN :BINTIK CAIRAN DALAM GAS ATAU BINTIK GAS DALAM CAIRAN, ATAU BINTIK CAIRAN DAN BINTIK GAS.
- PEMISAHAN TERJADI KARENA BEDA DENSITY DAN GRAVITASI BUMI
- PEMISAHAN INI TERGANGGU OLEH KECEPATAN ALIRAN YANG TINGGI, ATAU WAKTU YANG KURANG

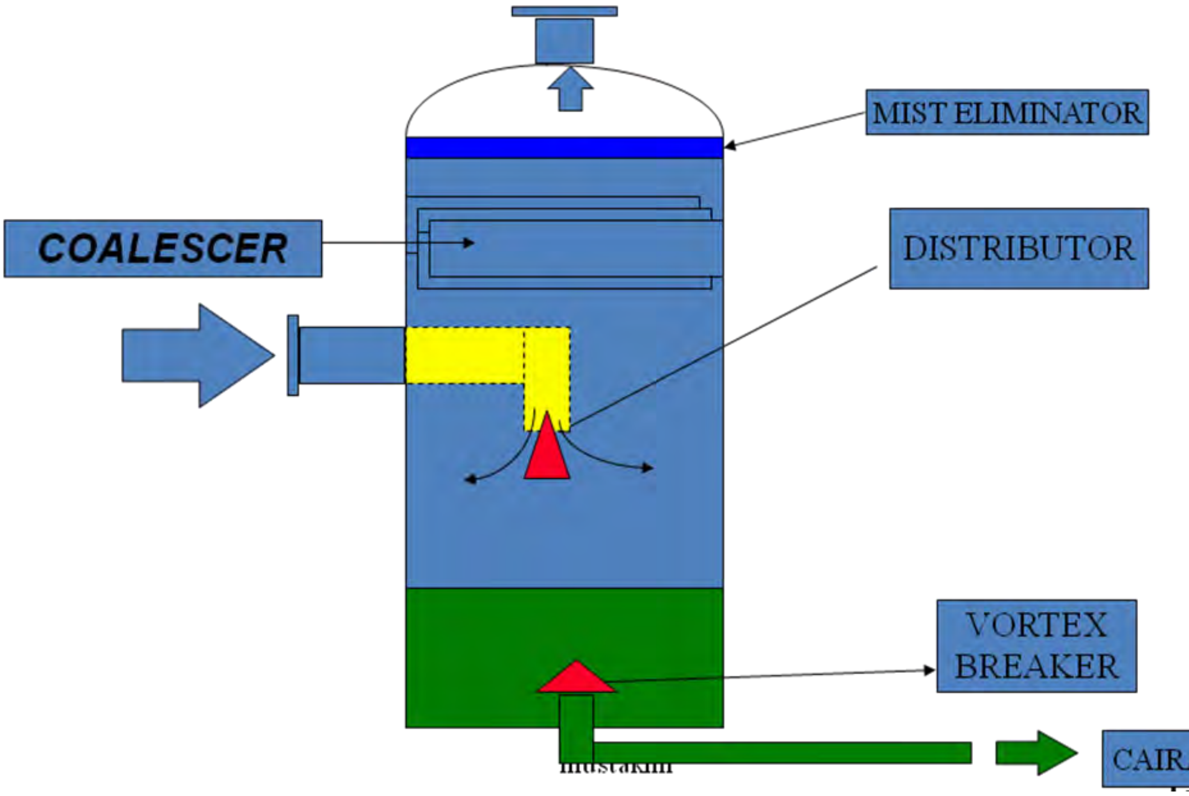
CARA YANG DITEMPUH

- MENGURANGI KECEPATAN DENGAN MENAMBAH PENAMPANG ALIR
- MENAMBAH KECEPATAN PEMISAHAN DAN GRAVITASI DENGAN MENGATUR ALIRAN
- MELEWATKAN ALIRAN DALAM SARINGAN BINTIK CAIRAN (MIST ELIMINATOR) ATAU ALAT PENAMBAH UKURAN PARTIKEL (COALESCER)
- MENCEGAH ALIRAN GAS TERIKUT ALIRAN CAIRAN (VORTEX BREAKER)
- MEMBERI WAKTU PEMISAHAN YANG CUKUP
- MENGURANGI KECEPATAN ALIRAN
- ALIRAN AKAN BERKURANG KECEPATANNYA BILA DILEWATKAN ALAT YANG UKURANNYA BESAR
- MAKIN BESAR UKURAN ALAT (PENAMPANG ALIRANNYA ATAU DIAMETER), MAKIN LAMBAT, MAKIN BAIK
- SEPARATOR TEGAK, DIWAKILI DIAMETER, SEPARATOR HORISONTAL DIWAKILI OLEH LUAS PENAMPANG DIATAS PERMUKAAN CAIRAN
- LEBIH LAMBAT MANA ANTARA SEPARATOR HORISONTAL DAN VERTIKAL ?

MENGATUR ALIRAN

- ALIRAN DAPAT DIATUR AGAR MENAMBAH KEMUDAHAN PEMISAHAN
- GAS LEBIH MUDAH DIBELOKKAN, CAIRAN SUKAR. AKHIRNYA CAIRAN MENUMBUK DINDING AYAU PENYEKAT DAN MENEMPEL KEMUDIAN TERPISAH.
- DENSITY TINGGI DIBANTU DENGAN MENGARAHKAN ALIRAN KEBAWAH

GAMBARAN SEPARATOR



KECEPATAN ALIRAN GAS

- KECEPATAN ALIRAN GAS SANGAT BERPENGARUH KEPADA TERIKUTNYA BINTIK CAIRAN
- KECEPATAN MAKSIMAL SEHINGGA BINTIK CAIRAN MULAI TERIKUT : DISEBUT KECEPATAN ENTRAINTMENT
- KALAU MENGHENDAKI TAK TERCAMPUR MAKA KECEPATAN DITURUNKAN DIBAWAH MAKSIMAL DENGAN MEMPERBESAR UKURAN ALAT

KECEPATAN ENTRAINMENT

- Vall. = C($^{(rL - r v)}{}_{rv}$) $^{0.5}$ dengan C = 0,156 untuk Separator. r = density , L liquid, v vapour lb/ cuft
- Untuk fraksionator : lihat Nelson
- V all , kecepatan maksimal yang diijinkan = v mulai entrainment, ft/sec
- V operasional berapa ?
- fraksinasi, V op maks = V all.
- kompressor 80%, ko drum 150 % dll

v allowable dan ukuran alat

- Dengan diketahui V all, maka diameter alat dapat dihitung.
- Beban uap (vapor load) Q cuft/sec
- A = Q/v op = luas penampang alat = 1/4 pD^2
- A minimal pada saat V maksimum, yaitu v allowable. A min akan memberi D minimal
- Alat dengan D tertentu, maka kapasitas maksimal tertentu : Q mak = v all x A

Soal.

1.Apa fungsi separator ?

2.Apa yang mempengaruhi pemisahan pada separator ?

3. tuliskan bagian utama separator

4. gambarkan separator 3-fase ?

BAB IX
VALVE & PIPING SYSTEM

1.Pipa

2.Pipe Fittings (Penyambung Pipa)

3..Flanges

4.Valves

5.Pemeliharaan

Pipa digunakan untuk sarana transportasi fluida dari suatu tempat/peralatan ketempat / peralatan yang lain.

- Refinery
- Chemical Plant
- Power Generation
- Food Processing
- Bangunan perkantoran dan perumahan

- ➢ Nama ‘Pipe‘ digunakan untuk produk-produk seperti pipa (tubular product) yang umum pemakaiannya untuk jalur perpipaan.
- ➢ Pipa merupakan penghubung antara dua atau lebih dari peralatan dengan fittings, flanges dan valves.
- ➢ Pipa-pipa diproduksi dari berbagai macam material sesuai dengan variasi pemakaiannya.

PIPA DAN MATERIAL PIPA

Jenis material pipa yaitu : Metal dan Non Metal

- ➢ Pipa yang dibuat dari Metal :

Pipa-pipa dengan bahan dasar besi dan bukan besi.

Pipa dengan bahan dasar Besi :

- Pipa-pipa Cast iron
- Pipa-pipa Carbon steel
- Pipa-pipa Alloy steel
- Pipa-pipa Stainless steel

Pipa dengan bahan dasar bukan Besi :

- Pipa-pipa tembaga (copper pipes)
- Pipa-pipa kuningan (brass pipes)
- Pipa-pipa aluminium (aluminium pipes)
- Pipa-pipa titanium (titanium pipes)

➢ Pipa yang dibuat dari Non Metal :

- Pipa-pipa Plastik (Plastic Pipes)
  PVC , PE, ABS, CAB
- Pipa-pipa Vibre Glass (Vibre Glass Pipes)
- Pipa-pipa Tanah (Clay Pipes)
- Pipa-pipaAsbes Semen (Asbestos Cement Pipes)
- Pipa-pipa Beton (Concrete Pipes)

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA CAST IRON

➢ Pipa dari besi tuang (Cast Iron) mempunyai sifat mekanik :

keras, getas , mudah pecah, kekuatan nya rendah .

- Bila dibanding dengan pipa dari bahan baja (CS), pipa cast Iron lebih tahan korosi terhadap air dan gas, dan tidak tahan terhadap asam.
- Pemakaian pada kondisi operasi rendah (untuk saluran bawah tanah): saluran gas, saluran-saluran air buangan, kanal-kanal bawah tanah dsb.
- Ukuran (diameternya) mulai dari 2 inch keatas.
- Kelas Standartnya kurang lebih sama dengan

Schedule 40.

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA CARBON STEEL

- Pipa dari bahan baja carbon rendah mempunyai sifat mekanik :

- Kekuatannya lebih besar dibanding dengan pipa-pipa cast iron.

- Kenyal (mudah dibentuk)/kekerasannya rendah

- Sifat las yang baik

- *Kurang tahan terhadap zat-zat korosive (asam belerang, carbonate*, air laut dsb)

- Pipa CS pemakaiannya untuk berbagai jenis penyaluran :

- minyak (crude oil, bensin, solar dsb)

- gas alam

- uap

- udara dan air

- Untuk tahan terhadap oksidasi dan corosive misal :

- dilapisi dengan Cement untuk pipa-pipa air laut, pipa-pipa bawah tanah.

- dilapisi dengan Zinc (pipa galvanised) untuk pipa air minum.

- yang tidak dilapisi dengan Zinc atau tidak digalvanised disebut pipa hitam / black pipe.

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA ALLOY STEEL

- Penambahan alloying element pada baja karbon akan diperoleh material baja karbon paduan —AlloySteel”

- Yang termasuk alloying element antara lain :

Chrom (Cr), Nickel (Ni), Molybdenum (Mo),

Titanium (Ti), Vanadium (Va) maupun Tungsten (W) .

- Penambahan alloying element akan memberikan sifat

mekanik :

- Kekerasan dan kekuatan bertambah besar
- Tahan panas dan tahan korosi
- Daya hantar panas lebih cepat

- Pipa Stainless Steel merupakan pipa baja karbon

dengan penambahan alloying element Chromium dan

Nickel untuk special duties.

- Mempunyai sifat tahan terhadap oksidasi dan beberapa

macam zat kimia yang korosif, misalnya Carbonate

(KCO3) dan lain-lain.

- Mempunyai kekurangan : Thermal Expansionnya yang

tinggi, sehingga sukar mengendalikan perubahan

bentuk sewaktu proses pengolahan.

- Contoh Type SS. 304 yang dikenal dengan 18-08

Stainless Steel terdiri dari: 18 % Cr dan 08 Ni .

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA TEMBAGA (COPPER PIPE)

- Penggunaan pipa-pipa tembaga untuk saluran- saluran kecil:
  - Hydroulic dan Pneumatic system
  - Sistem Pelumasan

- Jaringan-jaringan Instrument
- Jaringan-jaringan Sirkulasi pada Refrigerators

➢ Sifat-sifat pipa tembaga adalah :

- Tahan terhadap oksidasi dan korosi termasuk zat kimia, dan banyak pula digunakan pada pabrik – pabrik kimia.
- Kurang tahan jika dipakai melayani suhu tinggi dan tekanan tinggi, pada suhu 360º F atau 192º C .

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA BRASS (BRASS PIPE)

➢ Pipa-pipa Brass diperdagangan biasa disebut ―Yellow Brass" (kuningan).

➢ Pemakaiannya untuk mengalirkan fluida-fluida tertentu yang korosif, misal tube bundle pada cooler yang media pendinginnya air laut.

➢ Diperdagangkan dalam bentuk batangan dengan ;

- panjang 12‗ (3,7 M)
- panjang 20‘ (6,1 M)

➢ Untuk bentuk kecil biasanya dalam bentuk gulungan (coil) dengan panjang tiap gulungan 100‘(30,5 M)

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA ALUMINUM

➢ Mempunyai sifat tahan terhadap korosi beberapa zat kimia dan tahan terhadap suhu

yang sangat rendah

PIPA TITANIUM

- Mempunyai sifat tahan terhadap korosi dari chlorida, dan banyak digunakan sebagai tube pada cooler yang menggunakan media pendingin air laut.

Pipa-pipa bahan dasar besi

PIPA DENGAN LAPISAN SEMEN
(CEMENT LINING PIPES)

- Cement lining pipe, bahan dasarnya adalah pada bagian luar dan dalamnya dilapisi dengan semen, dengan maksut sebagai lapisan untuk menambah ketahanan terhadap korosi dan juga untuk mencegah / mengurangi expansi akibat panas.

PIPA BUKAN LOGAM
(NON METAL PIPES)

- Jenis-jenis pipa bukan logam :
  - Plastic pipes (pipa-pipa Plastic)
  - Vibre Glass Pipes (pipa-pipa Vibre Glass)
  - Clay Pipes (pipa-pipa tanah)
  - Asbestos Cement Pipes (pipa-pipa Asbes Semen)
  - Concrete Pipes (Pipa-pipa Beton) dll.

Pipa – pipa Plastic bisa jadi dari Thermoplastic ataupun dari Thermoseting.

Thermoplastic piping jenis bahannya terbuat dari :

- PVC (Polivinyl Chloride)
- PE (Polyethylene)
- ABS (Acrilonitrile Butadine Styrene)
- CAB (Cellulose Acetate Butyrate)

Sifat utama bahan-bahan tersebut diatas :

- Flexible
- Ringan
- Tahan terhadap korosi beberapa zat
- Mudah dikerjakan
- Dapat dibentuk dengan pemanasan

Thermoseting sifatnya hampir sama, perbedaannya bahan ini lebih lunak dan tak dapat dibentuk dengan cara memanaskan.

Thermoplastic dan Thermoseting baik dipakai :

Untuk penyaluran/pengaliran fluida yang bersuhu rendah, sekitar 120º F (± 49º C) , bahan ini tidak tahan untuk suhu lebih besar dari 49ºC .

SISTEM PEMBUATAN PIPA

➢ Ada dua jenis pipa ditinjau dari cara pembuatannya, yaitu :

- Seamless pipe : pipa tampa sambungan (kampuh)
- Welded pipe : pipa dengan sambungan las

Seamless pipe dibuat dari bahan solid billet (silinder masif) di bor dan kemudian dilakukan pengerolan untuk mendapatkan diameter dan tebal yang dikehendaki.

STANDARD UKURAN

- Ukuran diameter pipa dinyatakan dengan diameter nominal (Nominal Pipe Size) disingkat NPS.
- Menurut standard ANSI/ASME, ukuran diameter nominal pipa ditentukan sebagai berikut :
  - Untuk pipa-pipa 1/8" – 12", diameter nominal pipa tidak sama dengan diameter luar pipa.
  - Untuk pipa-pipa 14" atau lebih, diameter nominal pipa sama dengan diameter luar pipa.
- Ukuran standard panjang pipa umumnya 6 – 20 meter
  - Uniform length : Panjang 21 ft.
  - Normal length : Panjang 12 ft.
  - One half random : Panjang 8 - 16 ft.
  - Single random : Panjang 16 - 22 ft.
  - Double random : Panjang ≈ 40 ft.
  - Cut length : Panjang sesuai pesanan

STANDARD TEBAL DINDING PIPA

- Ada 2 (dua) standard tebal dinding pipa baja carbon :

▪ ANSI B 36.10 Steel Pipe Wall Thickness Dezignation :

- Standard Weight (STD WT)
- Extra Strong atau Extra Heavy (XS atau EH)
- Double Extra Strong atau Dauble Extra Heavy (XXS atau XXH).

▪ ANSI B 36.10 Steel Pipe Schedule Number (10 Kelas) :

Schedule 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 dan 160

Schedule 10 tebal dinding pipa yang paling tipis.

Schedule 160 tebal dinding pipa yang paling tebal.

STANDARD BAHAN

- Dalam industri minyak dan gas bumi hampir semua pipa dibuat dari bahan besi beserta paduannya dalam bentuk baja carbon rendah (mild steel),baja paduan dan baja paduan tinggi.
- Spesifikasi pipa baja carbon :

- ASTM A 106 : Seamless carbon steel pipe untuk service temperatur tinggi.
- ASTM A 53 : Welded and Seamless steel pipe.
- ASTM A 120 : Black and hot-dipped zinc coated (Galvanised) Welded and Seamless steel pipe for Ordinary uses.
- ASTM A 312 : Welded and Seamless Austenitic Stainless Steel pipe
- API 5L : Untuk line pipe/transportasi minyak dan gas bumi
- API 5LS : Spiral Weld Line pipe

STANDARD / BENTUK UJUNG PIPA

- Plain end : dipakai pada sistem sambungan pipa dengan socket welding.
- Threaded end : dipakai pada sistem sambungan pipa berulir.
- Beveled end : dipakai pada sistem sambungan butt welding.

PERBEDAAN PIPA DENGAN TUBE

- PIPA
  - Untuk pipa ф 1/8" – 12",

  NPS tidak sama dengan diameter luar pipa.
  - Untuk pipa ф 14" atau lebih

NPS sama dengan diameter luar.

- Tebal dinding pipa dinyatakan dengan

angka schedule, atau Std Wt, XS, XXS.

- Umumnya dipakai untuk transportasi Fluida,

dan proses plant

- Umumnya dibuat dari carbon steel .

TUBE

- Nominal diameter tube sama dengan diameter

luar tube.

- Tebal dinding tube dinyatakan dengan BWG

(Birmingham Wire Gauge), yang mengacu

pada TEMA Standard (Tubular Exchanger

Manufacture Association).

- Umumnya dipergunakan pada alat penukar

panas, Cooler, Condensor,chiller, Heat exchanger,Boiler dan Furnace .

- Material tube biasanya

Copper Alloy, Carbon Steel, Aluminum, Aluminum

Alloy dan Titanium.

Diameter tube yang sering dipergunakan pada Heat Exchanger (HE) berkisar antara :

1/2” , 5/8” , 3/4” , 7/8” , 1” , 1 ¼” , 1 ½” , 2”,4

Dengan spesifikasi material sebagai berikut :

Carbon Steel	: ASME SA 179 Cold drawn
	ASME SA 210 Specify grade

Low Alloy Steel	: ASME SA 209 Specify grade
High Alloy Steel	: ASME SA 213 Specify grade
Aluminum Alloy	: ASME SB 234 Specify grade
Copper Alloy	: ASME SB 111 Specify grad

Rangkuman

- Pipa digunakan untuk sarana transportasi fluida dari suatu tempat/peralatan ketempat / peralatan yang lain.
  - Refinery
  - Chemical Plant
  - Power Generation
  - Food Processing
  - Bangunan perkantoran dan perumahan
- Jenis material pipa yaitu : Metal dan Non Metal
- Thermoseting sifatnya hampir sama, perbedaannya bahan ini lebih lunak dan tak dapat dibentuk dengan cara memanaskan.

  Thermoplastic dan Thermoseting baik dipakai :
  Untuk penyaluran/pengaliran fluida yang bersuhu rendah, sekitar 120º F (± 49º C) , bahan ini tidak tahan untuk suhu lebih besar dari 49ºC .

Latihan

1. Pipa yang digunakan untuk sarana transportasi fluida dari suatu tempat/peralatan ketempat / peralatan yaitu ?
2. Pipa dari besi tuang (Cast Iron) mempunyai sifat mekanik ?
3. Cement lining pipe, bahan dasarnya adalah ?
4. Sebutkan STANDARD UKURAN pipa ?
5. Sebutkan STANDARD / BENTUK UJUNG PIPA ?

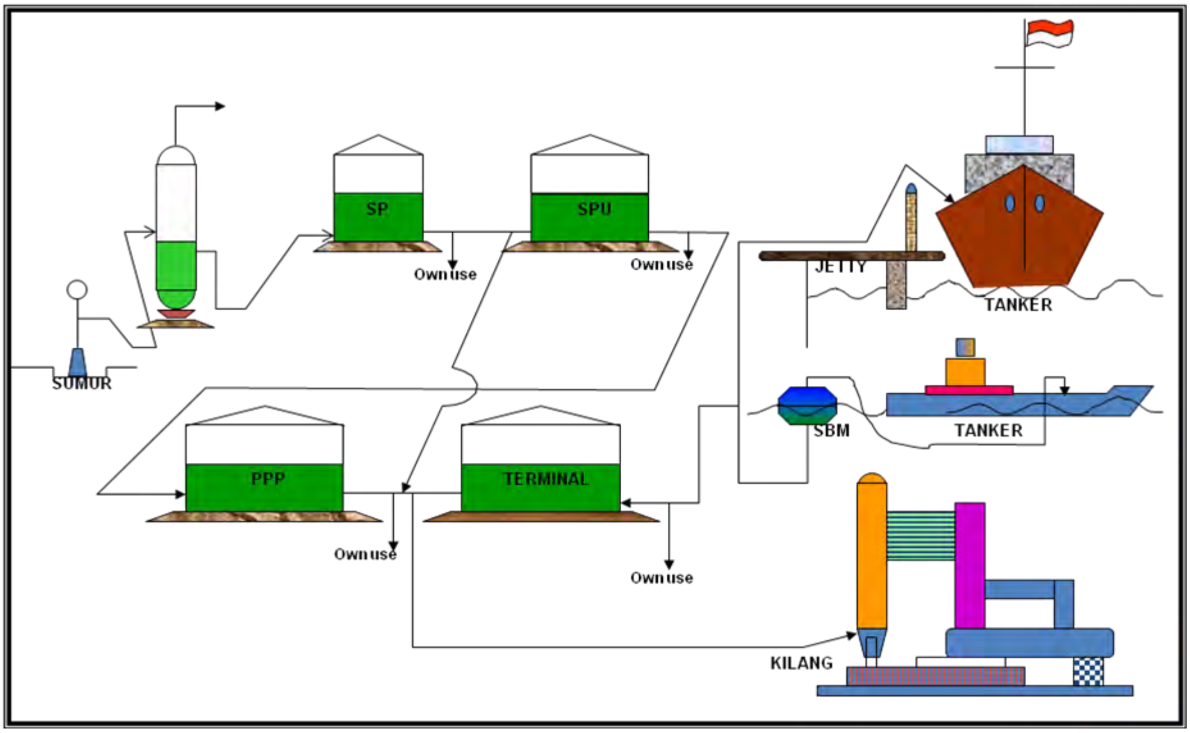
TRANSPORTASI MINYAK DAN GAS

Tujuanya:

1. Melaksanakan perencanaan dan operasi :
    - Penyaluran migas ke konsumen/produsen
    - Berdasarkan jual beli
2. Melaksanakan pemeliharaan sarana sistem transportasi Efektip, Efisien
3. Merencanakan pengembangan sarana sistem transportasi.

- ❑ Fungsi utama pipa adalah untuk memindahkan fluida dari sumur-sumur ke stasiun Pengumpul dan akhirnya ke Refinery melalui unit-unit pemroses maupun pengiriman produksi jadi, ke konsumen.
- ❑ Salah satu bagian penting dari kegiatan pengolahan maupun pemasaran minyak dan gas bumi adalah Transportasi, mulai dari kilang sampai ke Depot PDN/konsumen
- ❑ Untuk menunjang kelancaran operasi proses migas, sistem perpipaan banyak digunakan.

Skema Aliran Produksi



- TRANSPORTASI MINYAK DAN GAS

Penggunaan sistem perpipaan didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Transportasi dengan menggunakan pipa lebih ekonomis dan dapat ditransportasikan, minyak dalam jumlah yang cukup besar.
- Frekwensi transportasi dapat berlangsung secara terus menerus dan tidak tergantung pada musim maupun cuaca, dalam hal ini ombak/gelombang pada sumur lepas pantai.
- Jangka waktu penggunaan sistem transportasi pipa lebih lama, bisa bertahan sampai 20 tahun bahkan bisa lebih lama lagi.

- TRANSPORTASI MINYAK DAN GAS

Agar transportasi dengan menggunakan pipa dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan dan efisien, maka perlu dilakukan inspeksi dan perawatan baik secara berkala (periodic) atau sesuai kebutuhan.

PIPING

- ❑ Dalam industri perminyakan masalah transportasi atau pemindahan migas merupakan bagian yang sangat penting.
- ❑ Transportasi minyak dan gas bumi, mulai dari well head, sampai ke refenery atau konsumen perlu adanya pengangkutan / transportasi.
- ❑ Secara umum transportasi dapat dilakukan dengan cara :

- Pesawat terbang,
- Tanker /Kapal laut,
- Mobil tanker,
- Rail Tank Wagon/ Kereta api
- dan Pipe Line.

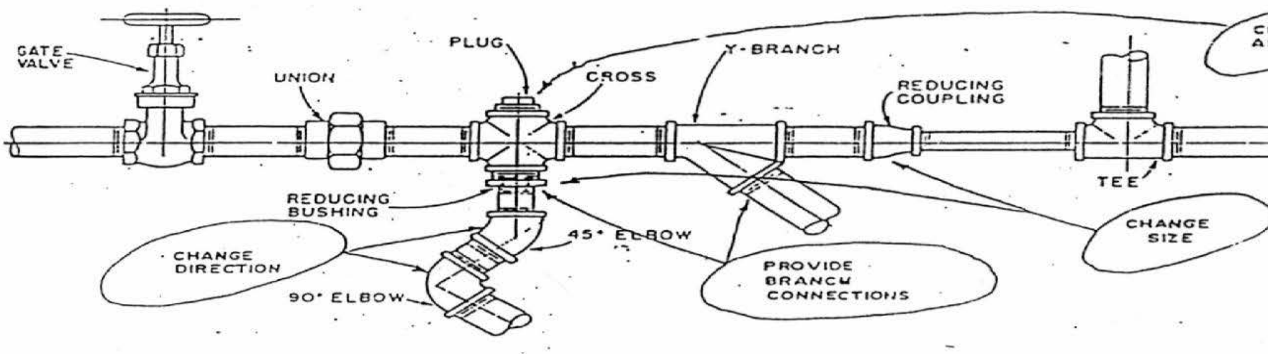
PIPA ALIR.

- ❑ Pada umumnya pipa yang digunakan untuk penyaluran minyak dan gas bumi adalah pipa yang dibuat dari bahan baja (carbon steel) dan mengikuti standrd API, ANSI dan ASTM.

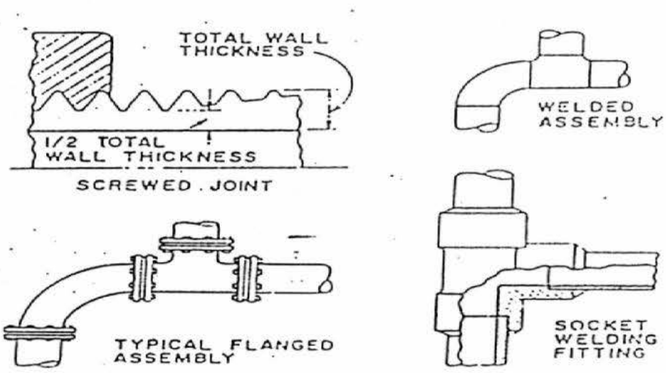
- ❑ Secara umum pipa alir atau sering disebut dengan Flow Line dan dilengkapi dengan perlengkapan sepertinya :

- ✓ Valve,
- ✓ Check valve,
- ✓ flensa,
- ✓ Coupling,
- ✓ Manometer yang berguna sebagai penyambung pengontrol fluida di dalam pipa alir.

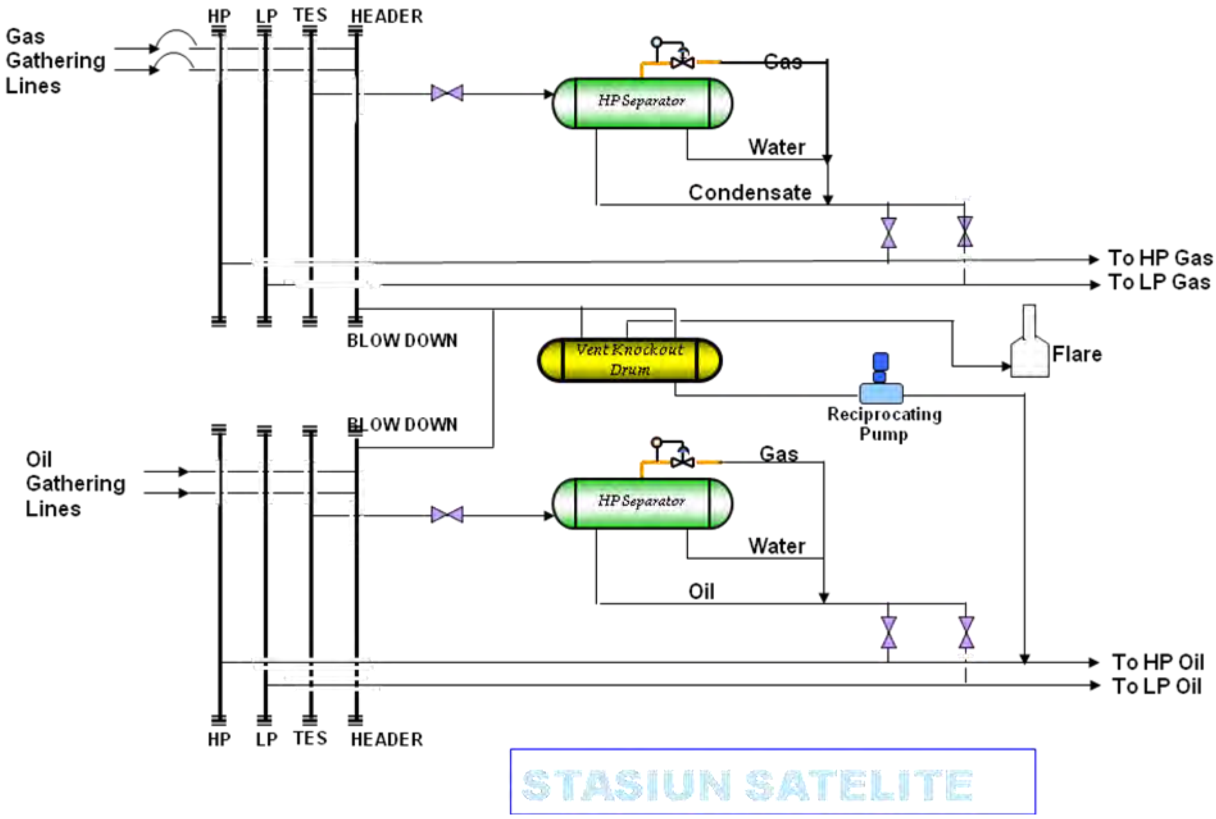
CONTOH RANGKAIAN PIPA



Gambar 1: FUNGSI DARI FITTING–FITTING




MANIFOLD
HEADER



DALAM PEMAKAIAN PIPA PERLU DIPERHATIKAN HAL-HAL

- Jenis dan keadaannya, produk yang akan dialirkan kedalam pipa dapat berupa fluida dengan keadaan panas, dingin bertekanan, korosive atau tidak korosive.
- Karena hal ini berkaitan dengan jenis material pipa, dimensi pipa dsb.

Pipa Alir

- Maka dalam investasi yang berhubungan dengan jumlah dana yang tersedia, maka dalam industri migas untuk pemilihan pipa transportasi dipilih pipa dengan jenis dan deminsi tertentu, tetapi menjamin operasi ekonomis dan aman.
- Energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida, energi ini berhubungan dengan energi transfer (pompa & kompressor).
- Safety, berkaitan penataan pipa pada instalasi pipa yang memenuhi keamanan bagi kondisi operasi baik bagi tenaga kerja, lingkungan sekitar dan kemudahan dalam pemeliharaan.

Spesifikasi

- ❑ Pipa alir yang digunakan pada industri migas di buat dari baja CS, dimana baja adalah merupakan paduan antara besi (Fe) sebagai bahan dasar dengan unsur kimia yang meliputi : - Mangan, Plumbum, Tembaga dll.
- ❑ Spesifikasi pipa akan menunjukan :
  - Sistem pembuatan
  - Komposisi Kimia
  - Normalitas dan Karakteristik.

SISTEM PEMBUATAN PIPA

Pembuatan pipa menurut proses produksi dibagi menjadi dua :

- ❑ Welded Steel Pipe (pipa dengan sambungan las)
- ❑ Seamless pipe (pipa tanpa sambungan)

Welded Steel Pipe (disambung las)

Berdasar pengelasan maka proses pembuatan pipa dengan sistem welded dapat dibedakan :

- ❑ Electric Resistence Welded Pipe Process (ERW)

Pada proses ini bahan baja di rol sehingga, membentuk pipa dengan diameter tertentu dan dilakukan pengelasan sisi yang berhadapan dng cara pada sisi-sisi tsb, diberikan beda potensial listrik yang tinggi shg, pipa menjadi pijar (T = ± 2600 ° F)

Sehingga kedua sisinya menyatu tanpa memberikan logam pengisi.

Welded Steel Pipe (disambung las)

- ❑ Double Submarged Arc Welded Longitudinal Proses.

Hampir sama dng, proses Electric Resistence Welded Pipe Process (ERW), bedanya propil pipa yg di las dibuat Tirus dan dipanasi dengan pemanasan api dan pakai bahan Pengisi/Elektroda.

Pipa dilas dengan dua sisi dalam & luar dengan arah memanjang.

- ❑ Spiral Seam Submarged Arc Welded Process.

Pipa yang mempunyai pengelasan melingkar (helical) yang dibuat dengan proses automatic.

Pembuatan pipa ini diperlukan plat baja yang panjang kemudian di Rol shg membentuk pipa dng sambungan berbentuk Spiral.

Seamless Pipe (pipa tanpa sambungan)

- Pipa yang dibuat dari baja Silinder/Pejal tanpa memakai Sambungan.
- Baja silinder/pejal di masukan Furnace dan Dipanaskan dng, Temp. diatas temp. kritisnya (1400 ° C)
- Proses pemanasan ini pipa pejal di rol dan ditekan dengan menggunakan mandrel sebagai pembentuk diameter dlm.
- Sebagai media pendingin pada proses ini adalah dengan pendinginan udara.
- Setelah pipa dipotong sesuai panjang yang diinginkan & dilakukan pengerjaan finishing.
- Pipa Seamless banyak digunakan pada program Pemboran minyak dng, tekanan Operasi yang sangat tinggi.
- Ø pipa ini berpariasi antara : 3 1/2 — sampai 24 inch.

PIPE AND FINISH

- ❑ Penyelesaian akhir dari pembuatan pipa adalah : proses pembentukan ujung pipa.
- ❑ Bentuk ujung pipa menentukan jenis sambungan pipa dengan pipa atau pipa dengan fitting.

Bentuk Ujung Pipa

A. Plain End

Pada bentuk ini pipa dipotong tanpa ada bevel, dipakai pada sistem sambungan pipa dengan socket welding.

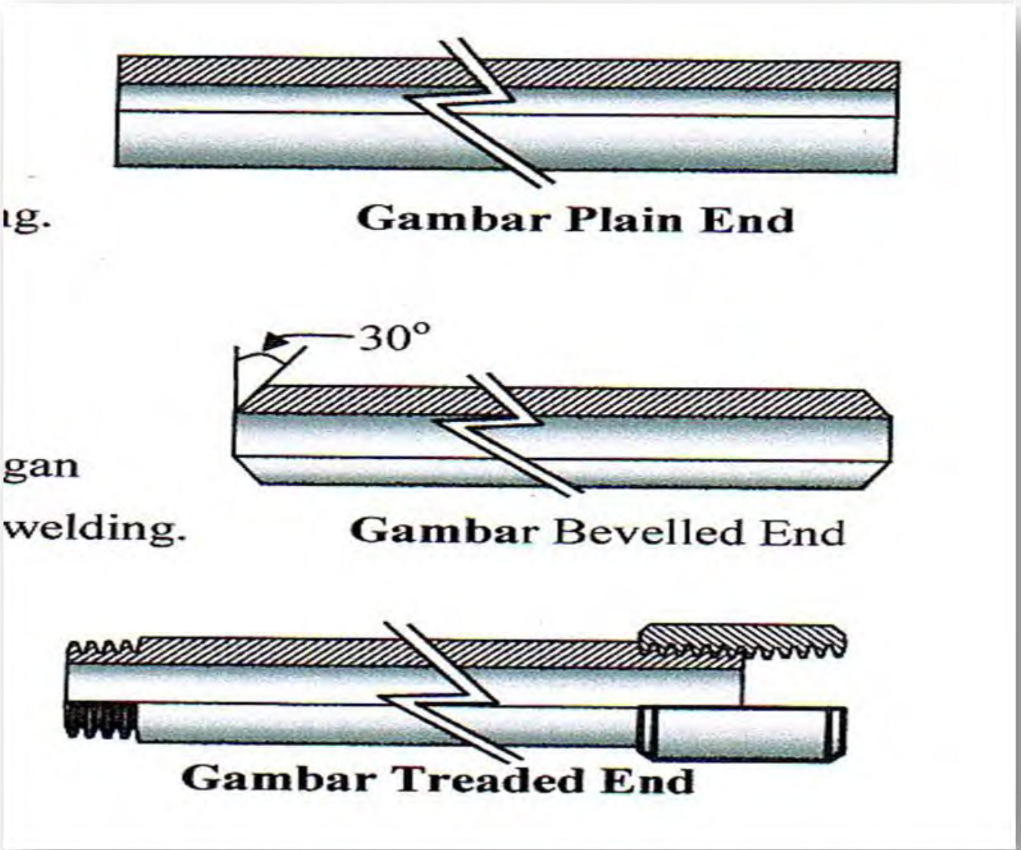
B. Bevelled End

Ujung dari pipa dibevel membentuk sudut 30 °, dipakai pada sistem sambungan pipa dengan butt welding dan flanged welding.

C. Treded End

Bentuk ujung dari pipa adalah memakai sambungan ulir.

JENIS-JENIS
PIPA



KOMPOSISI KIMIA

- Bahwa pipa dibuat dari baja yang dipadu dengan unsur-unsur kimia yang berbeda, sehingga dicapai sifat-sifat dari pipa yang diinginkan.
- Dengan campuran/paduan komposisi kimia yang berbeda akan mempunyai pengaruh terhadap material pipa itu sendiri seperti :
- ➢Ketahanan terhadap korosi
- ➢Kemudahan pengerjaan penyambungan
- ➢Kemudahan pipa untuk di bentuk
- ➢Kekuatan terhadap gaya-gaya yang bekerja.

- Pengaruh Unsur² Kimia dlm Komposisi Pipa Baja

C (karbon) : Kemampuan untuk dibentuk dari baja ini sangat tergantung dari kadar karbonnya, makin tinggi kadar karbon makin sulit untuk dibentuk dan di las.

Mn (Mangan) : Menyebabkan baja menjadi keras, elastisitasnya menurun, tensile strengh dan yield pointnya menjadi tinggi pada temperatur sedang keatas.

Pb (Plumbum) : Berpengaruh pada permukaan baja menjadi halus, sehingga akan memperkecil friksi yang terjadi apabila dibuat pipa. Tetapi bila kadarnya berlebihan akan menyebabkan kekuatan tarik baja kurang.

Cu (Tembaga) : Menyebabkan baja tahan korosi, memperbaiki elastisitas dan menaikkan kekuatan tarik.

Pengaruh Unsur²Kimia dlm Komposisi Pipa Baja

Ni (Nikel) : Mempertinggi kekuatan baja, tahan benturan, mempertinggi batas kelelahan baja dan tahan karat.

Be (Belium) : Membuat baja menjadi lentur atau memperbaiki elastisitas, mudah dibentuk tanpa menurunkan kekerasannya dan tahan karat.

Si (Silikon) : Menaikkan kekerasan, kekuatan dan menaikkan ketahanan terhadap korosi.

- NORMALITAS & KARAKTERISTIK (untuk menunjukan dimensi atau ukuran & sifat dari pipa)

A.Diameter Pipa, Akan Menunjukan :

- ❑ Nominal Diameter, Menunjukan Angka Urut & Berhubungan Dengan Ø Luar.

Menurut Standar ANSI/ASME, Ukuran Diameter Nominal Pipa Ditentukan Sbb :

- ❑ Untuk Pipa Ukuran : 1/8 - 12 ➔ OD ‡ Diameter Nominal Dan
- ❑ Untuk Pipa Ukuran Lebih Besar Dari 14 ➔ OD = Diameter Nominal.

- NORMALITAS & KARAKTERISTIK (untuk menunjukan dimensi atau ukuran & sifat dari pipa)

- Outsede Diameter, menyatakan Ø luar dari pipa.

Outside Diameter selalu tetap dan besarnya lebih besar dari nominal Ø, kecuali untuk pipa² ukuran lebih besar 14 — dimana Outsede Ø Sama dengan Nominal Diameter.

Outside Diameter : Diukur pada Body pipa bukan pada Sambungan.

- Inside Diameter, Menyatakan Ø Dalam pipa dari pipa.

Inside Diameter pipa besarnya Selalu Berubah tergantung dari ketebalan dari Ketebalan Dinding pipa

Beberapa contoh dari ukuran pipa, OD (out side diameter) dan tebal pipa:

Nominal size (inch)	Out Side Diameter (inch)	Thickness (inch)
1/8	0.405	0.078
¼	0.540	0.078
3/8	0.675	0.083
½	0.840	0.094
¾	1.050	0.109
1	1.315	0.125
1¼	1.660	0.141
1½	1.900	0.156
2	2.375	0.188
2½	2.875	0.216
3	3.500	0.250
3½	4.000	0.281
4	4.500	0.300
5	5.563	0.438
6	6.625	0.500
8	8.625	0.625
10	10.750	1.000
12	12.750	dst
14	14.000	
16	16.000	
48	48.000	

NORMALITAS & KARAKTERISTIK
(untuk menunjukan dimensi atau ukuran & sifat dari pipa)

B. Panjang Pipa, menyatakan panjang satuan pipa yang dinyatakan dalam suatu feet.

Panjang Pipa Dikelompokan :

- Uniform Length : - panjangnya 21 ft.
- Random Length :

  - Single Random : 16 - 22 ft
  - Double Random : ≈ 30 ft
  - One Halft Random : 8 - 12 ft
  - Out Length : pipa sesuai pesanan.

- NORMALITAS & KARAKTERISTIK (untuk menunjukan dimensi atau ukuran & sifat dari pipa)

C. Berat Nominal, adalah menyatakan berat pipa setiap satuan panjang.

- Jika beratnya Dinyatakan dalam Pond (lb) dan Panjangnya dalam (ft), maka satuan untuk berat Nominal adalah : lb/ft.

D.Tebal Dinding, ini akan berkaitan dengan kekuatan pipa untuk menahan tekanan dari dalam pipa.

Maka untuk memilih pipa yang tepat sebagai media alir/transportasi, dapat dihitung dengan rumus : Barlows

<u>ANSI B 31.8 Gas Transmission & Distribution.</u>

Utk pipa2 pd sumur minyak dan gas, di luar instalasi atau refinery.

$$P = 2\frac{S\,x\,t}{D}\,x\,F\,x\,E\,x\,T$$

dimana :

P	: design pressure (psig)
t	: nominal wall thickness (in)
D	: diameter outside (in)

F : construction type design factor

F = 0.7 untuk pipa yang dipasang di luar kota.

F = 0.6 untuk pipa yang dipasang di dalam kota/ agak padat

F = 0.5 pipa yg dipasang pd daerah padat/menyeberang jalan

E : joint factor

E = 1.0 seamless pipe

E = 0.8 spiral welded

E = 0.6 but welded, ASTM A 53, API 5 L.

T : temperatur factor

T = 1.000 untuk suhu 250^0F

T = 0.967 untuk suhu 300^0F

T = 0.933 untuk suhu 350^0F

T = 0.900 untuk suhu 400^0F

T = 0.867 untuk suhu 450^0F

S : minimum yield strength (psi)

- NORMALITAS & KARAKTERISTIK (untuk menunjukan dimensi atau ukuran & sifat dari pipa)

E : Joint Factor,

1 untuk seamless pipa

0,8 untuk spiral welded

0,6 untuk butt welded

T : Temperatur Factor,

1,000 untuk temperatur 250 ° F

0,967 untuk temperatur 300 ° F

0,933 untuk temperatur 350 ° F

0,900 untuk temperatur 400 ° F

0,867 untuk temperatur 450 ° F

PIPA ALIR

Contoh soal :

Rencanakan suatu pemasangan pipa dengan tekanan design 711 Psig.

Pada suatu daerah padat penduduknya pada perkotaan dengan temp. (T) fluida yang akan dialirkan 400°F.

Sedangkan pipa yang tersedia dng nominal diameter 4 — butt wellded ASTM.A 53.

Rate Korosinya = 0,02 In Per Year (IPY)

Min Spec. Yield Strength 35.000 Psi

Tentukan : tebal pipa bila design line 25 Tahun ?

Standar Ketebalan Dinding Pipa

Ketebalan dinding pipa untuk masing-masing ukuran Nominal Ø atau garis tengah nominal berubah² sesuai dengan kelas dan kemampuan yg ditentukan untuk menahan tekanan dan suhu kerja aliran fluida.

Ada Tiga Standar ketebalan dinding pipa baja karbon :

1. Standar Weight (STD), Ketebalan dinding pipa Standard Weight diperuntukan melayani Tekanan & Suhu yg relatip Rendah.

Tekanan Kerja yg Aman untuk Standard ini Maksimum pada 150 Psi (± 11 kgm/cm²)

Standard Ketebalan Dinding

2. Exstra Strong atau Extra Heavy (XS atau XH)

Ukuran yg lebih tebal dari standard weigh, diperlukan untuk melayani tekanan dan suhu menengah (± 300 Psi) dari fluida yang melewatinya.

3. Double Extra Strong atau Double Extra Heavy (XXS atau XXH)

Pipa standard XXS & XXH, mempunyai tingkat ketebalan yang lebih dibandingkan kedua standar lainnya, dan dipergunakan untuk melayani tekanan suhu yg Tinggi (> 600 Psi) dng berbagai variasi suhu fluida.

Schedule Number

Menurut schedule, Tebal dinding Pipa dikelompokkan atas 10 kelas Utama.

Yang disebut ―Schedule Pipa" yaitu :

- Schedule 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120, 140 dan 160.
- Schedule 10 adalah pipa yang dindingnya paling Tipis.
- Schedule 160 adalah pipa yang dindingnya paling tebal.

Tebal dari masing-masing Tebal dinding tersebut diatas seperti dalam tabel :

Dimension Of Seamless Steel Pipe ANSI - B 36.10

Untuk Perhitungan Kekuatan Pipa Harus Sesuai Dengan Ketentuan Standard ANSI B. 31 :

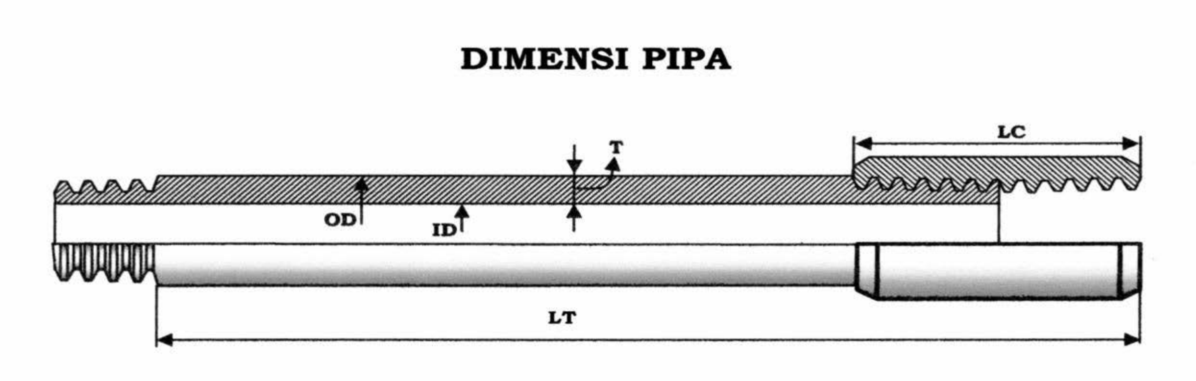
- ❑ ANSI B.31.1 : Power Piping System
- ❑ ANSI B.31.2 : Pipa Industri Gas Dan Udara
- ❑ ANSI B.31.3 : Pipa Dalam Refinery (Kilang)
- ❑ ANSI B.31.4 : Pipa Transportasi Minyak
- ❑ ANSI B.31.5 : Pipa Sistem Pendingin
- ❑ ANSI B.31.6 : Pipa Industri Kimia
- ❑ ANSI B.31.7 : Pipa Nuklir

- ANSI B.31.8 : Pipa Transmisi Gas

Kondisi Permukaan/Surface Finish

Ada Beberapa Macam Dari Kondisi Permukaan Pipa Seperti :

1. Oiled : Permukaan luar pipa dilapisi dengan minyak
2. Dry : Permukaan pipa bebas dari grease and cutting oil
3. Bare : Permukaan pipa tidak memerlukan preparation



Dimana :

- Diameter luar (OD), In
- Diameter dalam (ID), In
- Jenis Sambungan (Bevel End, Plain End dan Treaded)
- Berat Nominal, lb/ft
- Tebal Dinding, (T)
- Panjang Tubing, (LT)

Karakteristik

Dalam perencanaan pipa harus diperhitungkan gaya-gaya yg akan bekerja pada pipa.

Ada tiga macam gaya yg bekerja pada pipa :

- Tension strength (gaya tarik)
- Internal pressure (gaya dari dalam)

❑ Eksternal pressure (gaya dari luar)

a. Tension Strength (gaya tarik)

b. Tension streng adalah gaya tarik yang bekerja pada pipa.

c. Tabel harga minimum specifick yield strength untuk pipa std API - 5L dan API 5 XL.

LINE PIPE API STD – 5L			LINE PIPE API STD – 5LX		
But Weld	Seamless		Seamless		
Clas I	Grade A	Grade B	Grade 42	Grade 46	Grade 52
25.000	30.000	35.000	42.000	46.000	52.000

B. Internal Pressure (gaya dari dalam)

❑ Adalah gaya tekanan yang bekerja dari dalam pipa yang diakibatkan oleh tekanan fluida yang berada dalam pipa.

❑ Ketahanan pipa terhadap internal pressure disebut Brusting Resistance (BR = Pi x SF)

❑ Dalam perencanaan, harga internal pressure yang terjadi harus lebih kecil dari brusting resistance, dimana (SF : 1,1 - 1,3) hal ini disebabkan bila internal pressure diatas brusting resistance, maka pipa akan melengkung dan pecah (brusting load).

❑ Harga internal pressure terbesar yang boleh terjadi pada pipa dinyatakan dengan rumus :

d. Eksternal Pressure (gaya dari luar)

Adalah gaya/tekanan yang bekerja dari luar pipa, biasanya gaya ini berupa hydrostatic pressure (PH = 0,052 x berat jenis (ppg) x kedalaman (ft), Psi, untuk line pipe yang berada di offshore. Ketahanan pipa terhadap eksternal pressure disebut collapse resistance (CR = PC x SF).
Dalam perencanaan, besarnya eksternal pressure (Pc) yang boleh terjadi harus lebih kecil dari colapse resistance, dimana SF = 1,25 - 1,50.

Standard Code, akan memuat spesifikasi dari material pipa seperti:

- standard ukuran,
- standard tebal dinding,
- standard bahan,
- sehingga kita dapat memilih pipa untuk digunakan.

Sistem Standard Code :

A. Standard ASTM (American Society For testing Material)

- ASTM 53 : Welded and seamless pipa, pipa std ini banyak digunakan sbg aliran pendingin dan type pipa ini mudah untuk dilas & dibentuk.
- ASTM 120 : welded and seamles pipa, digunakan untuk mengalirkan air, uap dan gas dengan persyaratan tidak berlaku pada temperatur tinggi.
- ASTM 160 : Hanya seamles pipa, cocok digunakan untuk mengalirkan fluida dengan temparatur tinggi.
- Standard ASTM ini banyak digunakan untuk mengalirkan air, uap dan gas.

B. Standard API (American Petroleum Institut)

Standard API adalah standard untuk pipa yang banyak dipakai dalam industri minyak dan gas bumi.
Standard API yg Sering dipakai :

- API 5 L : Welded and seamless pipa, digunakan untuk mengalirkan minyak dan gas dengan tekanan kerja lebih kecil dari 1000 Psi.

- Api 5 LX : Hanya Seamlass pipe, lebih kuat dari API 5 L, digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tekanan kerja lebih besar dari 100 Psi dan mencapai 7500 Psi.

Menurut std ANSI kekuatan dan ketebalan pipa didasarkan pada schedule numbernya, seperti yang tertera pada tabel Dimension of Seamless Steel Pipe.

Standard API yang sering digunakan :

- ANSI B 31.3. Rifenery piping (pipa di dalam daerah pengolahan untuk Steam atau Chemical)
- ANSI B 31.4. Transportation piping (Pipa diluar Daerah Pengolahan untuk Cairan)
- ANSI B 31.8. Gas Transportasion and distribution piping di Darat.

Ordering Pipe

Untuk pemesanan pipa, data yang harus dicantumkan adalah :

a. Kwantity : - biasanya dengan meter (ft) untuk pipa >≥ 1 ½ —
   - Satu bendel untuk pipa < 1 ½ —
b. Size : Nominal diameter (diameter luar)
c. Thickness : Dinyatakan dalam berat Nominal(STD, XS atau XXS)
d. Length : - Dinyatakan dalam Uniform Length ; panjang pipa 21 ft

Random Length :

- Singgel ramdom ; 16 – 22 ft
- Double random : ≈ 30 ft
- One halft random ; 8 – 12 ft
- 0ut Length : pipa dipotong sesuai pesanan

e. Proses Pembikinan :

- Seamless Continous wellded, Sub Mergent.
- End Finish ; Plain end, Bevell end, Treaded
- Surface Finis : Oiled, Dry, Bare
- Specifications (grade) :
  ASTM 53, API 5L GRATE A, ANSI B 31.3 DLL.

Perawatan Jalur Pipa

Perawatan terhadap semua fasilitas yang mendukung kelancaran operasional pada jalur transportasi Migas adalah : Mutlak dan harus ditangani khusus secara professional dalam menjaga kondisi pipa terssbut, agar tetap terjaga dengan baik sehingga Efisiensinya tetap tinggi.

Beberapa macam pemeliharaan yang dilakukan oleh bagian khusus yang menangani perawatan tsb, yaitu Bagian Production Coordination & Transmission.

A.Pemeliharaan Pipa Bagian Luar (External Maintenance)

Extrenal Maintenance, pemeliharaan dari luar : suatu usaha untuk mencegah agar pipa tidak Terkontaminasi dari kemungkinan yang dapat menyebabkan terjadi Korosi, pada pipa yang akan mengakibatkan berkurangnya ketebalan pipa shg tidak dapat memenuhi STD keamanan Operasi.

Pemeliharaan Pipa Dari Luar Adalah :

- ❑ Isolation Test, yakni memeriksa kondisi Coating dan Wrapping pada pipa yg ditanam dlm tanah (Under Ground Pipa).
- ❑ Painting, adalah pengecatan thd jalur pipa di atas tanah dng cat Spesifikasi dan jenis khusus.
- ❑ Chatodik Protection, yaitu bila suatu logam dlm hal ini baja yg terpapar di lingkungan elektrilit (air atau tanah) maka baja tsb akan terkorosi.

Pemeliharaan Pipa Secara Operational

Permukaan dinding bagian dalam pipa adalah : merupakan bagian yang rentan terjadinya penipisan ketebalan akibat dari faktor Gesekan dari fluida ikutan (impuritis) nya.

Pemeliharaan Pipa Secara Operational

Untuk Mengurangi, Memantau Terjadinya Penipisan Ketebalan Pada Dinding Bagian Dalam Adalah Sbb :

- ❑ Injeksi Bahan Kimia, secara terus menerus ke dalam pipa untuk melapisi dinding pipa dengan jenis sesuai Rekomendasi Laboratorium.
- ❑ Corrossion Coupon, ini logam tipis yang dimasukan ke dalam pipa melalui laju korosi, kemudian logam secara periodik ± Sebulan Sekali dikeluarkan dari sistem untuk dievaluasi mengenai timbanganan beratnya.

Pemeliharan pipa bagian luar (External Maintenance)

- *Pemeliharan bagian luar dinding pipa* adalah suatu usaha untuk mencegah agar pipa tidak terkontaminasi dari kemungkinan yang dapat menyebabkan terjadinya Korosi pada pipa yang akan menghambat terdegradasinya ketebalan pipa sehingga tdk memenuhi standard keamanan operasi.

- Macam Pemeliharan Pipa dari Luar
  Isolation test, yakni memeriksa kondisi coating / wrapping pada pipa yang ditanam dalam tanah (under ground pipe) secara periodik apakah pipa masih terisolir atau terlindungi dengan baik dari kontaminan disekitar pipa tsb.

- *Painting* adalah pengecatan terhadap jalur pipa di atas tanah dengan cat spesifikasi dan jenis khusus.

- Chatodic Protection, didefinisikan sebagai teknik menurunkan laju korosi pada permukaan logam dengan melewatkan sejumlah arus katodik sehingga meniadakan laju pelarutan pada anoda. Secra singkat dpt diterangkan bahwa penggunaan arus DC yang berasal dari luar untuk melawan arus korosi dari anoda suatu material yang berada pada medium yang mempunyai sifat konduktif/pengantar arus atau elekrolit seperti tanah dan air.

- Macam Pemeliharan Pipa dari Luar
  Coating, adalah lapisan material yang tipis dalam bentuk cair atau bubuk, yang disebar diseluruh permukaan struktur sehingga membentuk suatu lapisan tipis yang dapat melindungi dan mencegah dari pengaruh kondisi lingkungan sekitarnya.

- *Coating* digunakan untuk meningkatkan penampilan, kemampuan dari pipa, mencegah terbentuknya endapan, mencegah bereaksinya kontaminan dengan dinding struktur dan mencegah terjadinya korosi.

  INTERNAL CORROSION

- Inhibitor adalah substansi yang dapat memperlambat reaksi kimia. Jadi corrosion inhibitor adalah substansi yang ditambahkan ke dalam lingkungan sehingga dapat memperlambat terjadinya korosi dari lingkungan/fluida dari dalam pipa.

- Corosion inhibitor biasanya ditambahkan dalam jumlah yang sangat kecil sekali ke dalam asam, air pendingin, uap dan berbagai lingkungan fluida lainnya, yang dilakukan secara kontinyu atau berkala.

Rangkuman

- PANDANGAN UMUM TUGAS-TUGAS PENGOLAHAN MIGAS/REFINERY

1. Mengolah minyak mentah(crude oil) menjadi produk setengah jadi dan produk jadi yang bisa langsung digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh Dir Jend Migas atau pertamina

2. Mencatat,menjaga dan mengawasi kondisi operasi supaya terpenuhi target, kualitas dan kwantitas produk

3. Melakukan proses separasi

4. Melakukan pengukuran tangki

5. Melakukan proses treating

6. Memompakan /mengalirkan minyak hasil produksi ke depot PDN/konsumen

7. Mengatasi gangguan-gangguan /trouble shooting pada proses.

TRANSPORTASI MINYAK DAN GAS

Tujuanya:

1. Melaksanakan perencanaan dan operasi :

- Penyaluran migas ke konsumen/produsen
- Berdasarkan jual beli

2. Melaksanakan pemeliharaan sarana sistem transportasi Efektip, Efisien
3. Bersama-sama fungsi keuangan melakukan penagihan
4. Melakukan koordinasi operasi dengan fungsi eksploitasi - produksi
5. Merencanakan pengembangan sarana sistem transportasi.

- DALAM PEMAKAIAN PIPA PERLU DIPERHATIKAN HAL-HAL

  Jenis dan keadaannya, produk yang akan dialirkan kedalam pipa dapat berupa fluida dengan keadaan panas, dingin bertekanan, korosive atau tidak korosive. Karena hal ini berkaitan dengan jenis material pipa, dimensi pipa dsb.

- Fungsi utama pipa adalah untuk memindahkan fluida dari sumur-sumur ke stasiun Pengumpul dan akhirnya ke Refinery melalui unit-unit pemroses maupun pengiriman produksi jadi, ke konsumen.

- Salah satu bagian penting dari kegiatan produksi maupun pemasaran minyak dan gas bumi adalah Transportasi, mulai dari block station ke pusat penampungan produksi atau dari terminal ke tempat refenery.

- Ada Beberapa Macam Dari Kondisi Permukaan Pipa Seperti :
  1. Oiled : Permukaan luar pipa dilapisi dengan minyak
  2. Dry : Permukaan pipa bebas dari grease and cutting oil
  3. Bare : Permukaan pipa tidak memerlukan preparation
- Karakteristik , Dalam perencanaan pipa harus diperhitungkan gaya-gaya yg akan bekerja pada pipa. Ada tiga macam gaya yg bekerja pada pipa :

- ❑ Tension strength (gaya tarik)
- ❑ Internal pressure (gaya dari dalam)

- ❑ Eksternal pressure (gaya dari luar)

- Beberapa macam pemeliharan yang dilakukan oleh bagian khusus yang menangani perawatan tsb, yaitu Bagian Production Coordination & Transmission.

Latihan

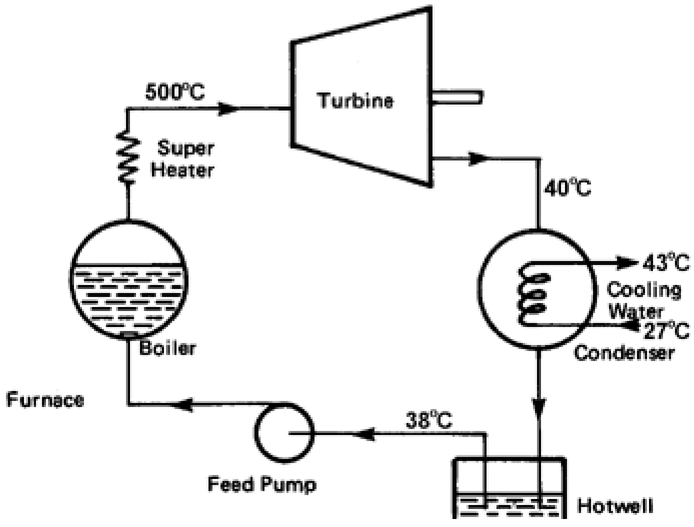
1. Tujuan tranportasi minyak dan gas ?
2. Penggunaan sistem perpipaan didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan ?
3. Gambarkan contoh rangkaia pipa ?

4. Secara umum transportasi dapat dilakukan dengan cara ?

5. Tehnik apa yang di gunakan untuk Pemeliharaan Pipa Dari Luar ?

BAB X
KONDENSOR

SIMPLE STEAM PLANT



GAMBAR 9.1 **Simple Steam Plant Cycle**

Dalam satu power plant, dibutuhkan alat untuk merubah suhu beberapa peralatan. Pada beberapa fluida seperti air,steam, gas atau uadara dilakukan dengan transfer panas dari heat exchanger.

Heat exchanger bekerja pada metode permukaan transfer panas. Dua fluida dipisahkan dengan bahan material yang bagus seperti tembaga atau yang lainnya.

prinsip dasar dari heat exchange adalah :

- Ada beberapa perbedaan temperature .

- Panas selalu dipindahkan dari suhu yang panas ke alat yang bersuhu dingin.
- Nilai Heat transfer tergantung pada temperatur , luas permukaan

Rumus yang digunakan

$$Q = k \times A \times \Delta T$$

Dimana :

Q = heat transfer, kJ/s
A = area, m^2
k = thermal conductivity, kJ/°C m s
ΔT = temperature difference,°C

Dari persamaan diatas maka :

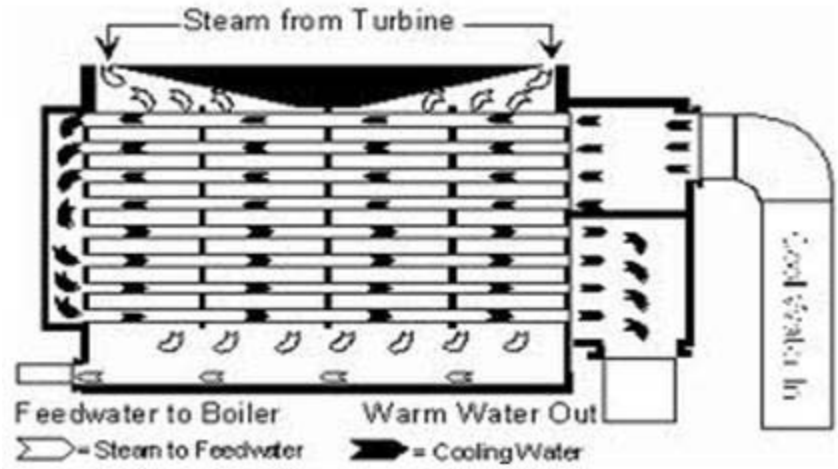
Q = transfer panas steam ke cooling water
A = luas permukaan
k = thermal conductivity tube walls kondensor ΔT = perbedaan suhu antara exhaust steam dan cooling water.

PRINSIP KERJA KONDENSOR

Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air. Prinsip kerja Kondensor proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (tubes). Uap mengalir di luar pipa-pipa (*shell side*) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa-pipa (*tube side*). Kondensor seperti ini disebut kondensor tipe surface (permukaan). Kebutuhan air untuk pendingin di kondensor sangat besar sehingga dalam perencanaan biasanya sudah diperhitungkan. Air pendingin diambil dari sumber yang cukup persediannya, yaitu dari danau, sungai atau laut. Posisi kondensor umumnya terletak dibawah turbin sehingga memudahkan aliran uap keluar turbin untuk masuk kondensor karena gravitasi.

Laju perpindahan panas tergantung pada aliran air pendingin, kebersihan pipa-pipa dan perbedaan temperatur antara uap dan air pendingin. Proses

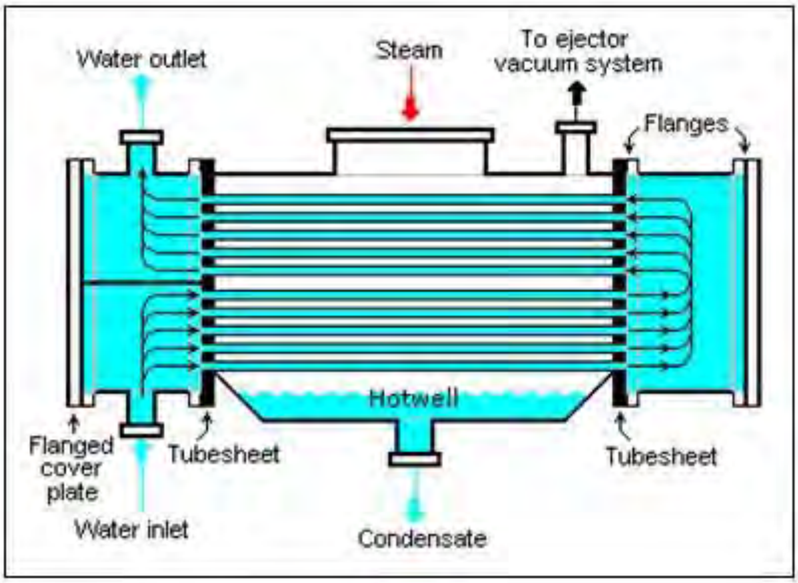
perubahan uap menjadi air terjadi pada tekanan dan temperatur jenuh, dalam hal ini kondensor berada pada kondisi vakum. Karena temperatur air pendingin sama dengan temperatur udara luar, maka temperatur air kondensatnya maksimum mendekati temperatur udara luar. Apabila laju perpindahan panas terganggu, maka akan berpengaruh terhadap tekanan dan temperatur.



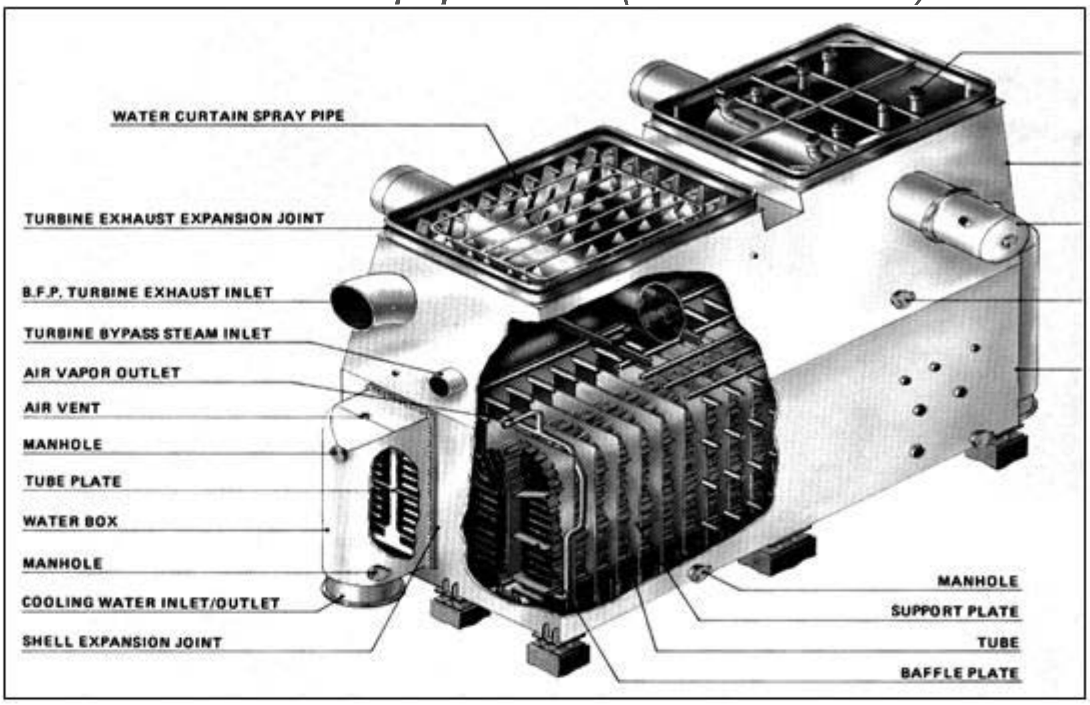
Gb Prinsip kerja kondensor

Konstruksi Kondensor

Aliran air pendingin ada dua macam, yaitu satu lintasan (*single pass*) atau dua lintasan (*double pass*). Untuk mengeluarkan udara yang terjebak pada water box (sisi air pendingin), dipasang*venting pump* atau *priming pump*. Udara dan *non condensable gas* pada sisi uap dikeluarkan dari kondensor dengan ejector atau pompa vakum.



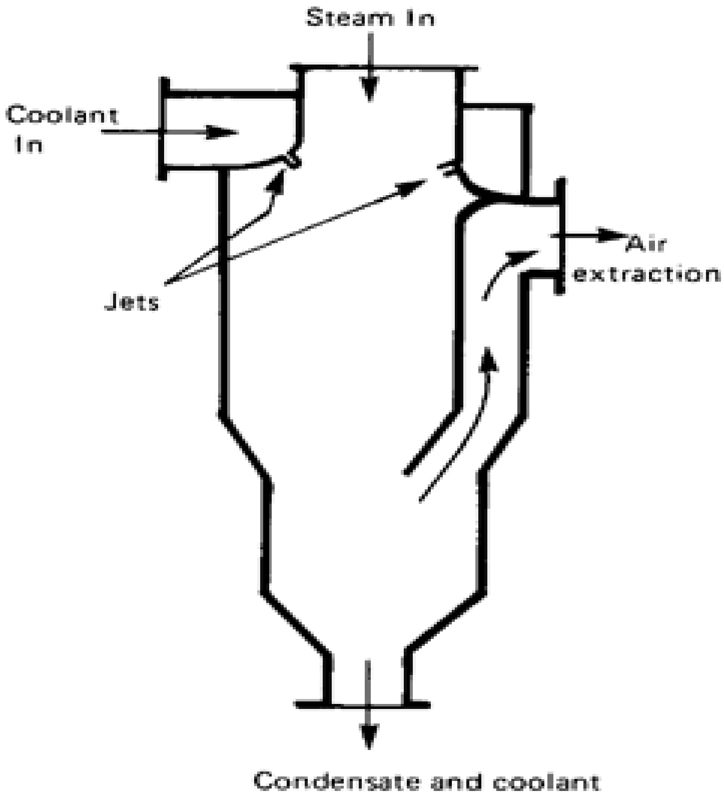
*Gb Kondensor tipe permukaan (***surface condenser***)*



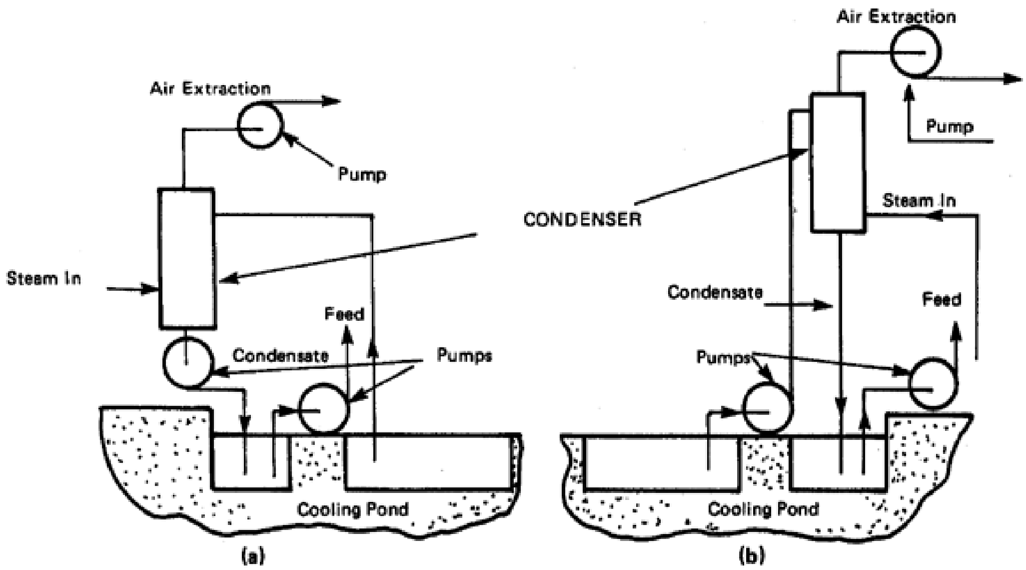
Gb 3 Konstruksi Kondensor

Jet Condensers

Jet kondensor digunakan pada air pendingin yang berbentuk spray. Kombinasi air pendingin dan condensate steam.



Gambar : Jet Condenser



Gambar penerapan Jet Condenser

Kondensor jet adalah kondensor kontak langsung yang banyak digunakan. Kondensor jet digunakan pada pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) yang siklus kerjanya terbuka. Perpindahan panas

pada kondensor jet dilakukan dengan menyemprotkan air pendingin ke aliran uap secara langsung. Air kondensat yang terkumpul di kondensor sebagian digunakan sebagai air pendingin kondensor dan selebihnya dibuang.

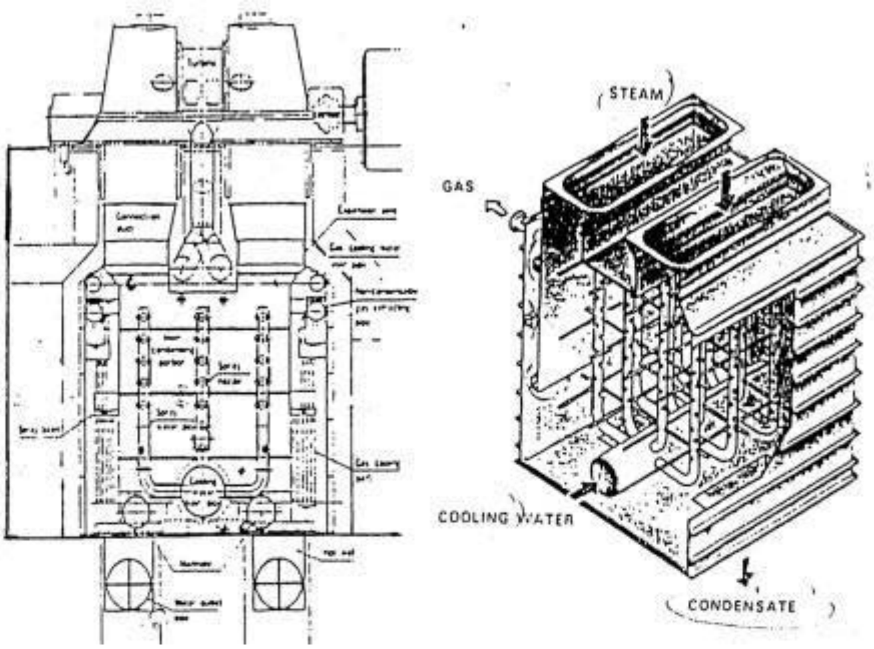
Pada bagian dalam kondensor ditempatkan beberapa buah pipa dan nosel penyemprot. Air Pendingin mengalir melalui pipa dan nosel penyemprot karena perbedaan tekanan dan gaya grafitasi antara penampungan air pendingin (Basin Cooling Tower) dengan kondensor.

Uap yang terkena semprotan air pendingin akan melepaskan panasnya dan selanjutnya diserap oleh air penyemprot. Uap yang telah melepaskan panasnya akan mengembun (terkondensasi) menjadi air bercampur dengan air penyemprot, sehingga kedua fluida tersebut mencapai temperatur akhir yang sama di Hot Well.

Ruangan didalam kondensor jet biasanya dibagi menjadi 2 ruangan/bagian, yaitu ruangan pengembunan uap dan ruangan pendinginan gas. Ruangan pengembunan uap, dan ruangan pendinginan gas dimaksudkan untuk memperkecil volume gas-gas yang tidak mengembun. Hal ini dibuat demikian agar peralatan pelepas gas-gas (ejector/pengisap gas) dapat dibuat dalam ukuran yang lebih kecil.

Campuran uap dan gas-gas panas bumi yang tidak terkondensasi keluar dari turbin melalui satu atau beberapa laluan dan masuk ke dalam kondensor pada bagian ruangan horisontal untuk pengkondensasian uap. Sedangkan bagian ruangan silinder vertikal untuk pendinginan gas-gas yang tidak terkondensasi (non-condensable gas).

Untuk mempertahankan kondisi tekanan (vakum) di dalam kondensor, level air di hotwell perlu dipertahankan (dikontrol). Terlalu tingginya air di dalam kondensor akan mengganggu proses penyemprotan, dan terlalu rendah akan meyebabkan terjadinya gangguan pada pompa air pendingin (Condensate Pump). Selain itu vakum di kondensor dipertahankan dengan mengeluarkan gas-gas dan udara yang tidak terkondensasi.



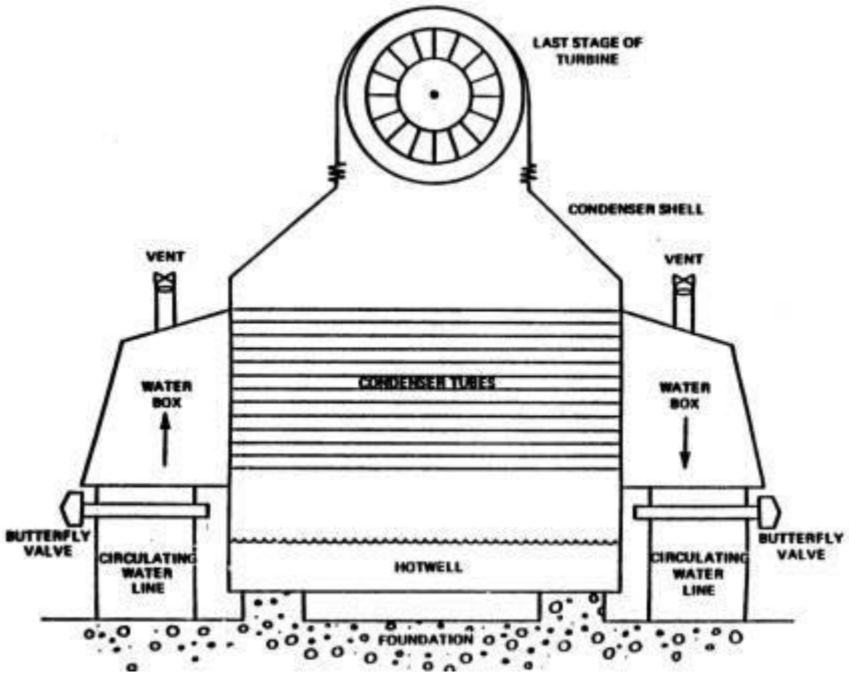
Gb . kondensor (kontak langsung) jet

Kondensor Permukaan

Pada kondensor permukaan, uap terpisah dari air pendingin, uap berada diluar pipa-pipa sedangkan air pendingin berada didalam pipa. Perpindahan panas dari uap ke air terjadi melalui perantaraan pipa-pipa. Pada kondensor jenis ini kemurnian air pendingin tidak menjadi masalah karena terpisah dari air kondensat.

Dengan penyekatan yang tepat ruang air (water box) dari air pendingin dapat dibuat satu atau dua aliran melintasi kondensor sebelum mencapai keluaran. Apabila aliran air pendingin hanya sekali melintas kondensor, maka disebut kondensor lintasan tunggal (single pass), sedang apabila air pendingin melintasi kondensor dua kali, maka disebut kondensor lintasan ganda (double pass). Pada cara ini air dalam pipa separoh bawah akan

mengalir dari depan kebelakang dan separoh bagian atas dari belakang ke depan.



Gb . Kondensor lintasan tunggal

SURFACE CONDENSER

Tujuan utama dari kondensor permukaan adalah :

• Untuk memproduksi dan mempertahankan vakum pada knalpot turbin , yang memungkinkan uap untuk memperluas ke tekanan yang lebih rendah dan melakukan pekerjaan lebih banyak .

• Untuk menghemat air murni untuk boiler air umpan , dengan kondensasi knalpot uap untuk air umpan untuk boiler .

• Untuk bertindak sebagai deaerator , dengan menghilangkan udara dan gas-gas lainnya dari kondensat .

Gambar dibawah menunjukkan fasilitas dengan kondensor permukaan , menggunakan air sungai untuk pendinginan . Gambar berikut menunjukkan tata letak kondensor sirkulasi air pendingin di pabrik menggunakan menara pendingin .

Kondensor ditunjukkan pada Gambar. 8 adalah berpendingin udara menggunakan tabung bersirip . Uap mengalir di dalam tabung dan aliran udara di sekitar tabung . Udara didinginkan bersirip konstruksi tabung ditunjukkan pada Gambar . 9 .

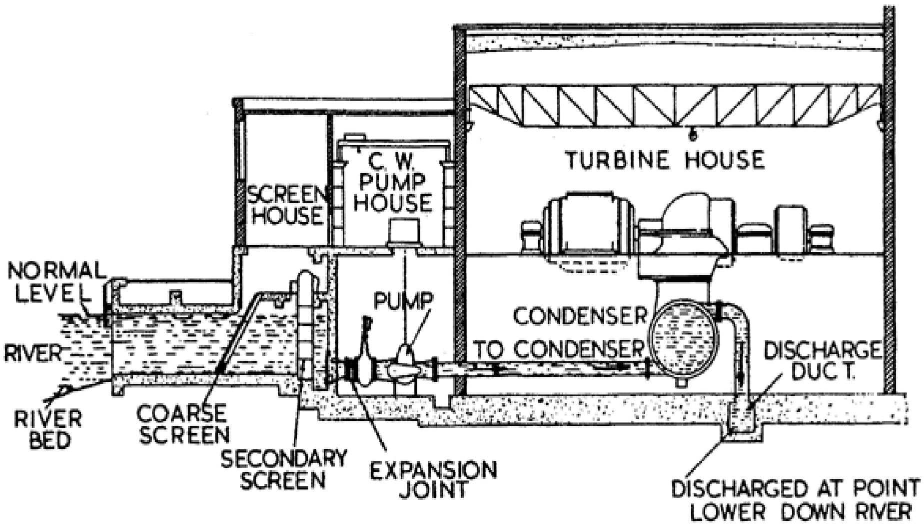


Figure River Water Cooled Condenser

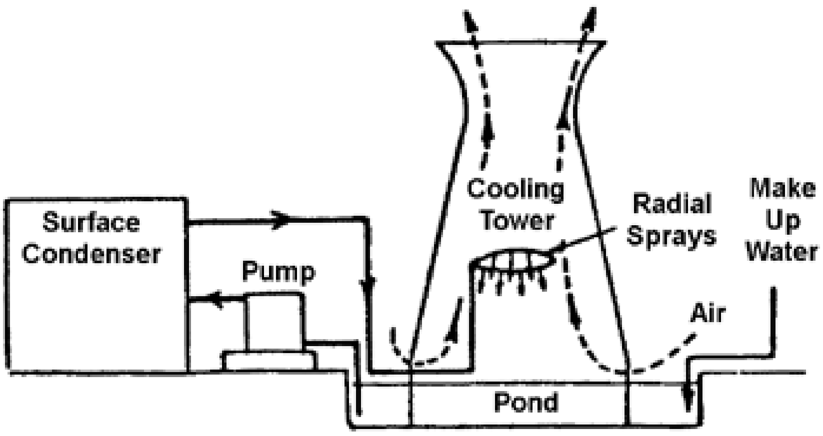


Figure Condenser using Cooling Water from Cooling Tower

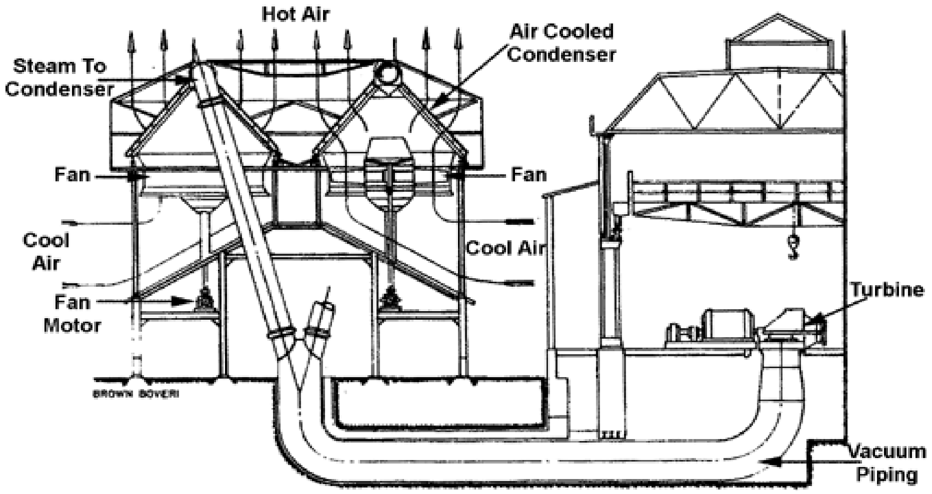


Figure Air Cooled Condenser

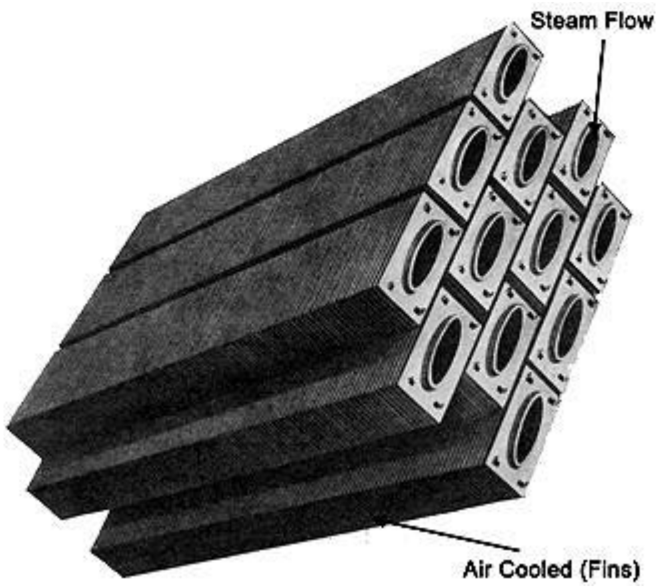


Figure Nest of Finned Air Cooled Tubes

Down Flow Condensers

The downflow kondensor diilustrasikan pada Gambar . 10 memiliki inlet uap di satu ujung dan outlet gas noncondensable di ujung lain

. Aliran uap diarahkan melalui tabung dengan baffle . Kondensat mengalir ke Hotwell tersebut . Air pendingin masuk bagian atas kotak air . Air pendingin membuat empat lolos melalui exchanger sebelum keluar di bagian bawah shell . Tabung adalah desain U - tube .

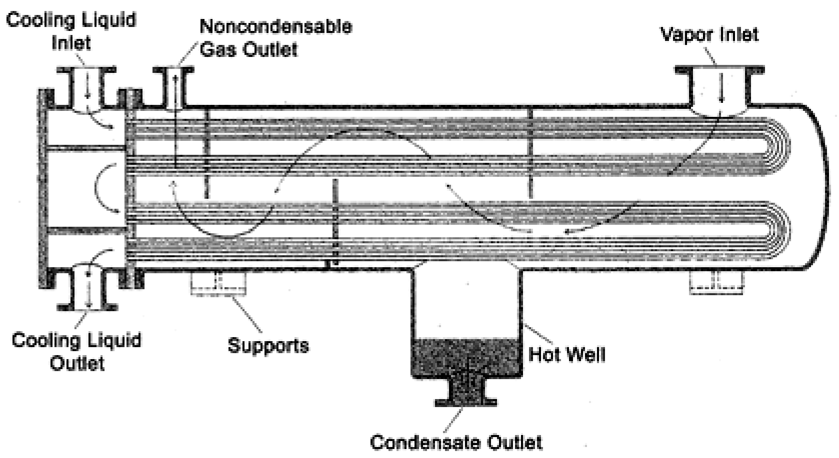


Figure Surface Condenser (Downflow Design)

Gambar dibawah menunjukkan kondensor aliran bawah , di mana uap memasuki pusat shell . Ini memiliki jalur uap vertikal memasok sumur panas dengan steam untuk pemanasan , dan deaerasi kondensat mengalir ke Hotwell tersebut . Perhatikan bahwa dalam kondensor downflow , uap menurun dipaksa ke pusat oleh baffle ekstraksi udara , dan udara naik dan gas dipaksa di bawah baffle . The konstruksi berat tabung , di bawah baffle hisap udara, mencegah uap memasuki penghapusan peralatan udara (ejector atau pompa mekanik) . Hal ini dapat menyebabkan vakum miskin ketika memulai turbin .

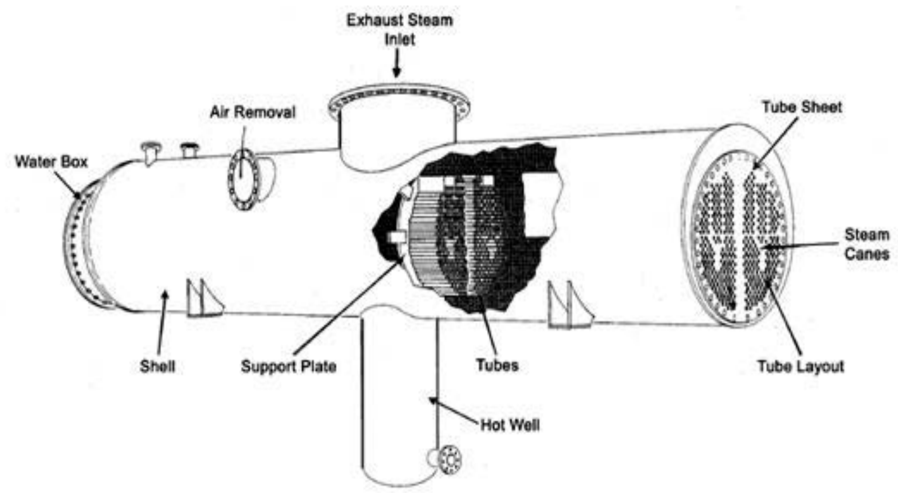


Figure Downflow Condenser

Uap knalpot dirawat di atas dia kondensor pada Gambar . 12 , yang merupakan shell dan tube penukar jenis aliran panas lintas . Air pendingin mengalir melalui tabung dan ekstrak panas dari uap, yang terletak di sisi shell . Uap mengembun pada permukaan tabung air . Kondensat yang terbentuk jatuh ke Hotwell tersebut . Tingkat air dikontrol dipertahankan dalam Hotwell tersebut . Ini penampang menunjukkan jalur uap , yang memungkinkan uap ke daerah bawah kondensor . Outlet udara berada di bawah baffle dekat bagian bawah kondensor . Desain ini memiliki jalur tengah uap memungkinkan uap untuk mencapai Hotwell dan mempertahankan suhu kondensat dekat suhu jenuh .

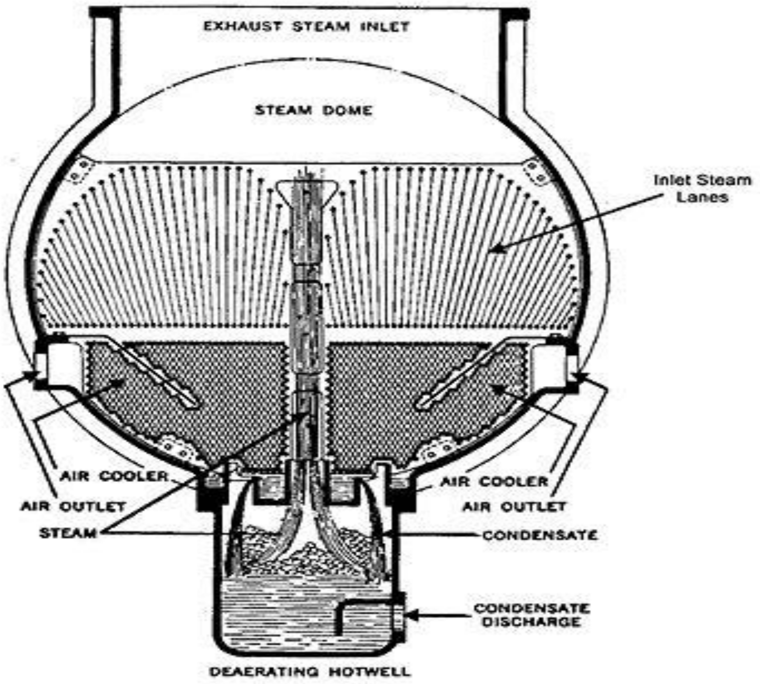


Figure Downflow Condenser

Central Flow Condensers

Gambar dibawah menunjukkan kondensor aliran pusat atau radial dimana aliran uap menuju pusat kondensor . Uap akan selalu mengalir menuju area terdingin , karena memiliki tekanan terendah . Untuk alasan ini , kondensor aliran sentral akan memiliki lulus pertama dari air pendingin di pusat. Kondensor memiliki dua melewati ; baffle dan kembali lulus pertama di bawah terbalik " V " berbentuk luar penyekat . Ekstraksi udara dari pusat sarang tabung dalam hal steam mengalir radial melalui tabung , memberikan jenis nama " aliran tengah " .

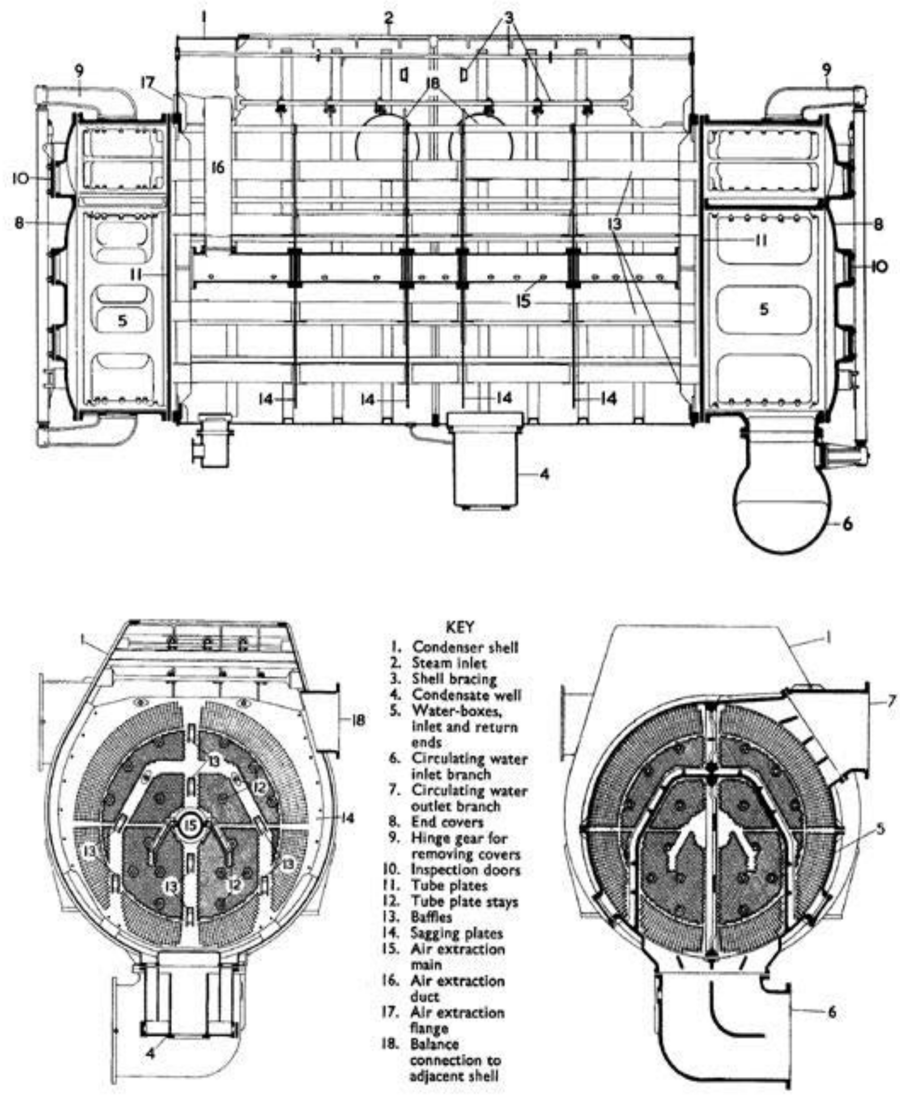
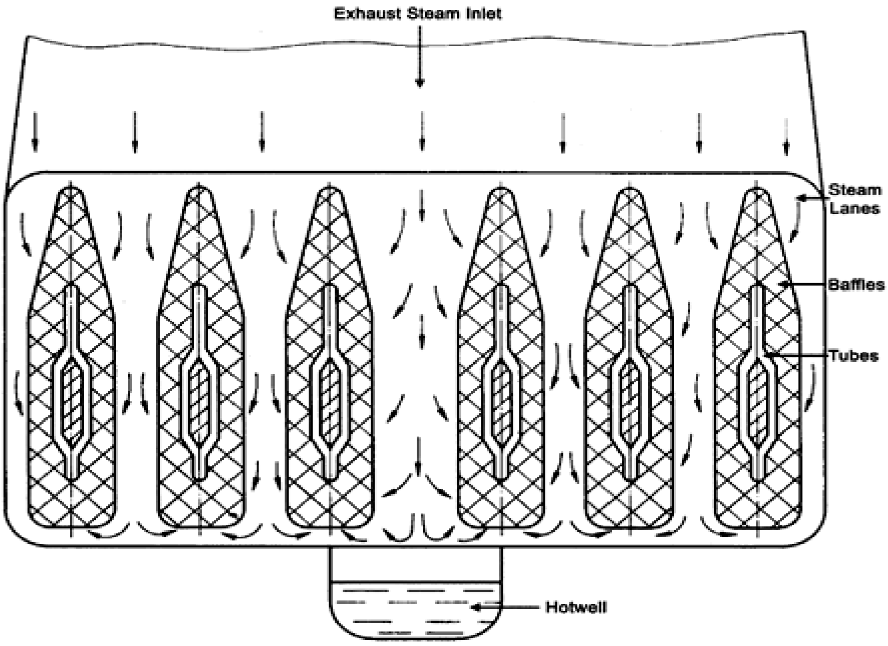


Figure Central (Radial) Flow Condenser

Gambar dibawah menunjukkan besar , single pass , radial kondensor aliran . Jarak yang lebar antara dan di sekitar bank tabung mencegah subcooling . Ekstraksi udara dari pusat masing-masing bank tabung .



Gambar Tube Bank Pattern of Large Radial Flow Condenser

KONSTRUKSI KONDENSOR

Gambar dibawah menunjukkan kondensor permukaan dan komponen-komponennya . Ini adalah desain downflow dengan uap masuk di bagian atas. Hotwell adalah di bagian bawah , dengan dua koneksi pompa kondensat . Setiap sisi kondensor memiliki koneksi ejektor udara . Air pendingin masuk di bagian atas kotak air dan keluar dari ujung yang sama di bagian bawah kotak air .

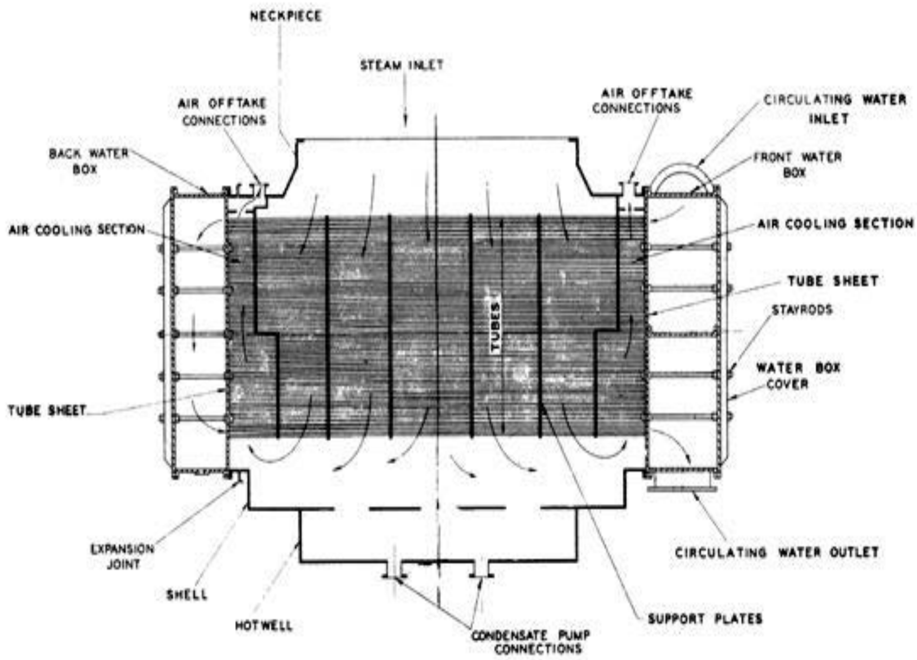
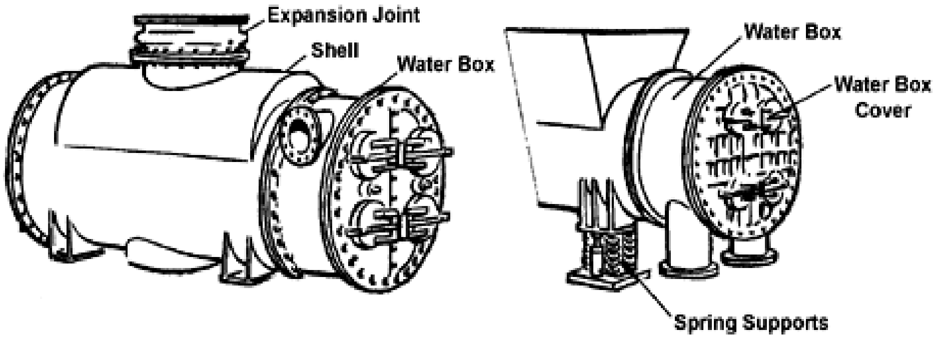


Figure Surface Condenser

Shell Condenser

Bentuk shell bisa silinder , oval , atau persegi panjang (untuk kerang besar) . Shell baja dilas dan diperkuat dengan tulang rusuk eksternal . Knalpot leher dan panas baik yang dilas baja dan diperkuat dengan tulang rusuk eksternal . Knalpot leher dan panas baik yang dilas ke shell . Pelat dukungan, dilas ke shell , mendukung kedua shell dan tabung , dan meredam getaran tabung .

Ketentuan harus dibuat untuk gerakan relatif antara knalpot mengarah dan pondasi mesin . Dalam desain yang lebih kecil , hal ini dilakukan dengan lari kaki kondensor kaku untuk yayasan dan pas sendi ekspansi , seperti sepotong bellow bergelombang antara knalpot mengarah dan flens inlet kondensor . Desain yang lebih besar baut kondensor langsung ke mesin knalpot tapi mendukung kaki kondensor pada mata .



(a) **(b)**

Figure Condenser Expansion Joint and Spring Supports

Shell kondensor pada Gambar . (a) duduk di dasar yang kuat memiliki ekspansi bersama antara shell dan turbin . Kondensor pada Gambar .(b) dipasang pada kaki dukungan musim semi .

Shell juga dapat dilengkapi dengan sendi ekspansi untuk memungkinkan gerakan longitudinal. Hal ini dilakukan ketika panggilan desain untuk tabung akan diperluas menjadi lembaran tabung mereka di kedua ujungnya dan gerakan relatif antara shell dan tabung harus diakomodasi . Gambar . 17 menunjukkan bagaimana sebuah tabung melekat pada lembaran tabung kondensor . Dalam kasus ini , sendi ekspansi di shell digunakan .

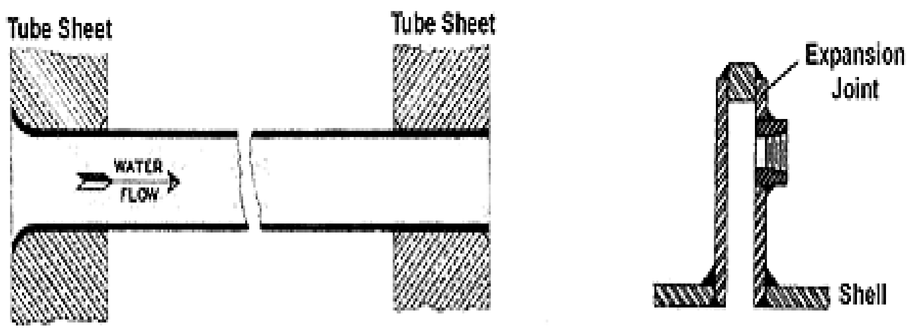


Figure
Expanded Condenser Tube and Condenser Shell Expansion Joint

Condenser Tube Plates

Tabung kondensor lembaran atau pelat biasanya Admiralty kuningan atau logam Muntz , 25 sampai 40 mm tebal. Mereka melesat ke flens shell dengan baut kerah (Gambar bawah) . Gasket karet yang digunakan antara shell dan pelat tabung , dan antara pelat tabung dan kotak air . Baut kerah kencangkan piring tabung , dan ketika pipa selesai , kotak air ditempatkan di atas baut kerah dan diikat . Baut kerah memungkinkan pembukaan kotak air , tanpa mengganggu shell dan pelat tabung bersama.

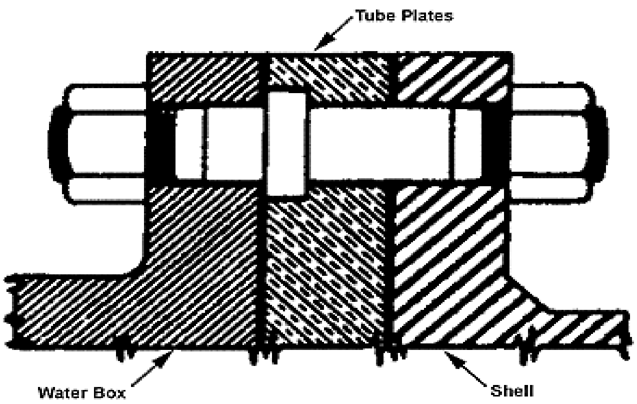


Figure Collar Bolt

Tabung piring kuningan atau logam Muntz , untuk kondensor besar , sangat mahal dan mungkin tidak tersedia dalam ukuran yang diperlukan . Masalahnya telah diselesaikan dengan penggunaan pelat baja dilas dengan cladding stainless steel . Sebuah kotak air dilas menunjukkan pelat tabung las di posisi dan lapisan pelindung di waterside ditunjukkan pada Gambar . dibawah. Pelat tabung dilapisi dengan stainless steel di waterside .

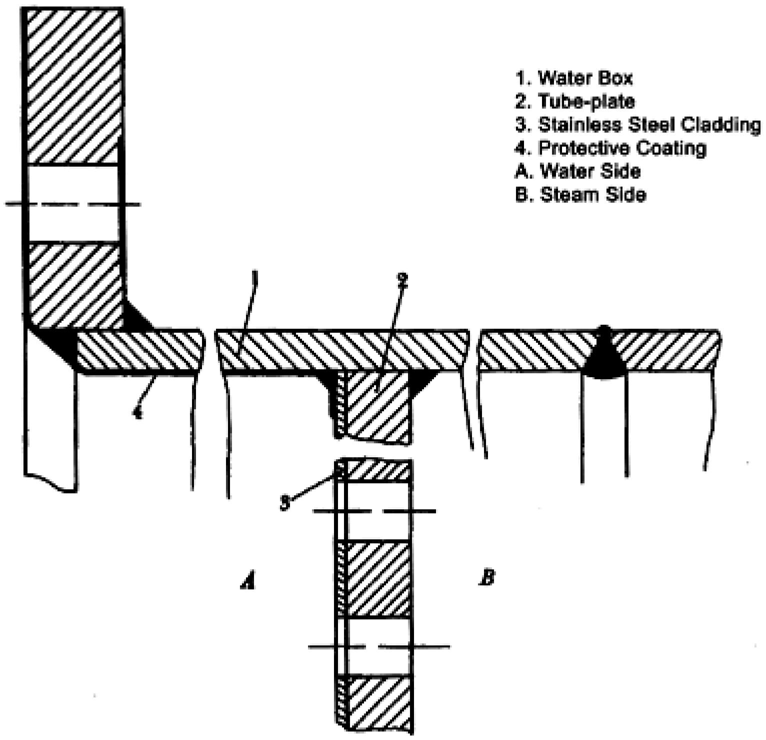


Figure Water Box Construction

Condenser Tubes

Sebuah pemanasan permukaan besar dapat paling mudah diperoleh dengan tabung berdiameter kecil, yang juga memberikan perpindahan panas terbaik, karena ketebalan dinding yang dibutuhkan sangat kecil . Tabung mungkin Stainless Steel , Admiralty kuningan , aluminium kuningan , atau cupronickel . Tabung tersedia dalam ukuran 16 , 19 , 22 dan 25 mm . Kondensor yang lebih besar menggunakan tabung yang lebih besar .

Tabung dapat diinstal dengan ferrules , logam dan kemasan serat , dengan roll memperluas , atau dengan kombinasi seperti inlet akhir diperluas dan belled dan outlet end dikemas atau ferruled (Gambar bawah) . Dalam beberapa kondensor , tabung yang dilas ke pelat tabung , ketika piring dan tabung dasarnya bahan yang sama .

Penyisihan harus dibuat untuk ekspansi diferensial tabung dan shell . Dikemas tabung ujung tabung memungkinkan untuk bergerak secara aksial dalam kemasan . Untuk memperluas atau dilas tabung , shell dapat dilengkapi dengan sendi ekspansi atau metode lain yang memungkinkan untuk ekspansi , seperti yang ditunjukkan pada Gbr.atas .

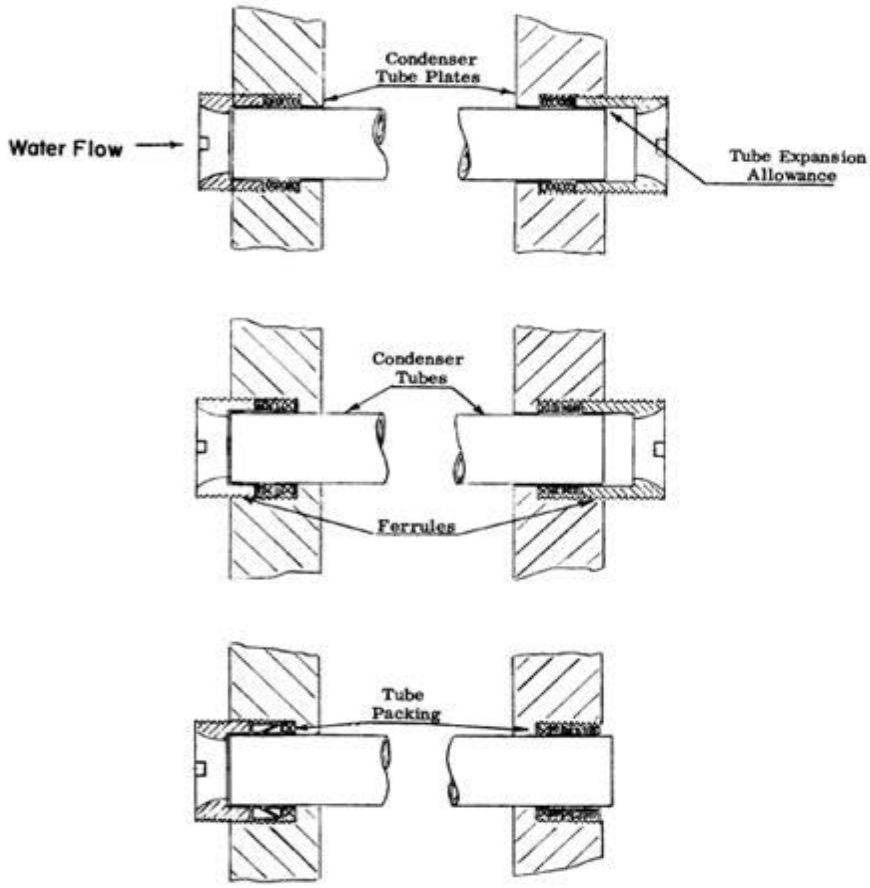


Figure Tube End Fastening Methods

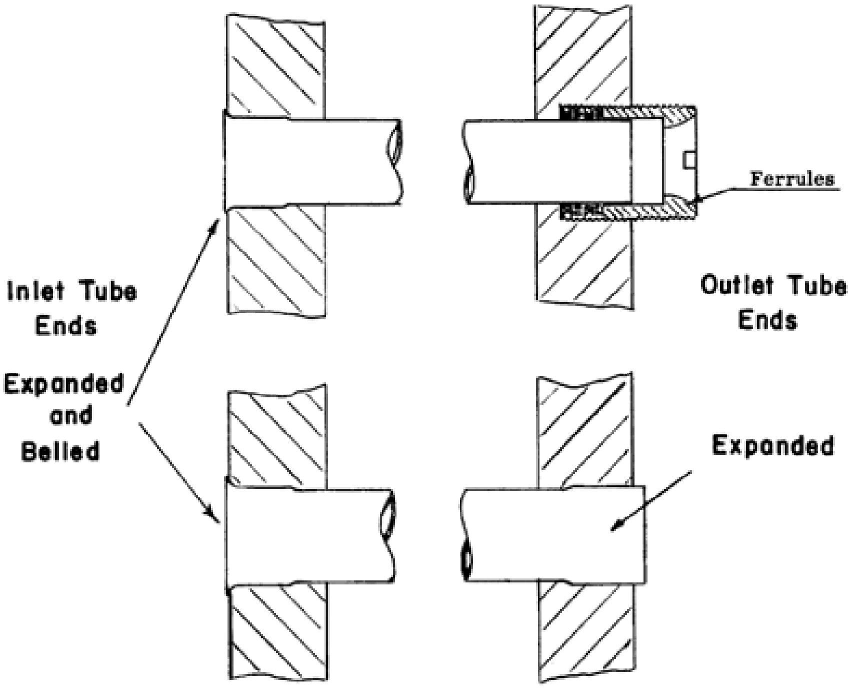


Figure Tube End Fastening Methods

AIR BOXS

Bahan klasik untuk kotak air besi cor . Kotak air biasanya melesat ke shell dengan baut kerah pelat tabung (Gambar 18) . Meliputi end berengsel memungkinkan penggantian tabung . Kotak air besar memiliki pintu pemeriksaan untuk pemeriksaan , pembersihan tabung dan tabung plugging .

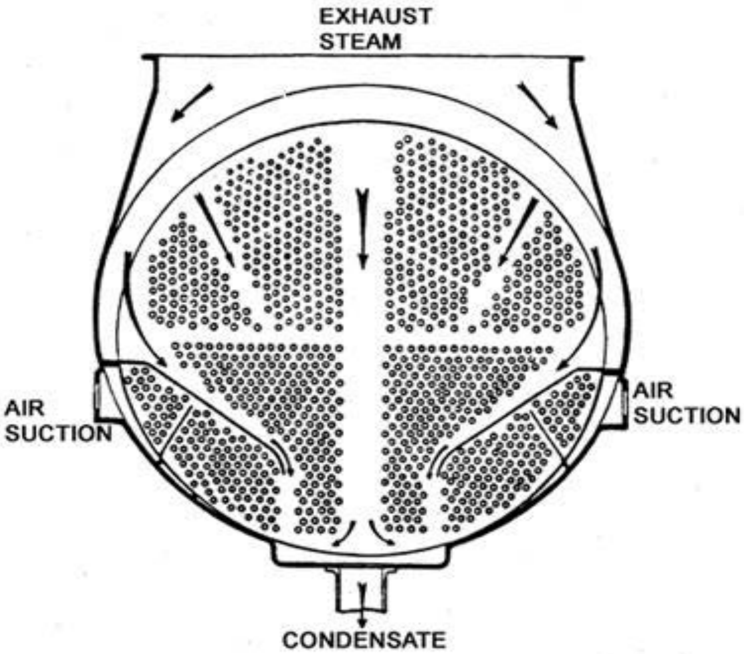
Kotak air kondensor yang besar , baik untuk alasan ekonomis dan praktis , baja fabrikasi , dan baik dilas ke shell atau merupakan bagian integral dari shell seperti ditunjukkan pada Gambar diatas . Karena air laut digunakan untuk air pendingin dalam kondensor ini , kotak air memiliki lapisan karet atau kaca diperkuat serat resin epoxy sebagai perlindungan korosi .

Tujuan utama dari baut tinggal , atau tinggal batang dalam kotak air (Gbr atas) tidak , karena akan terlihat , untuk mendukung penutup kotak air

dan lembar tabung terhadap tekanan air pendingin , tetapi untuk mendukung tube sheet melawan vakum kondensor .

AIR EJECTORS

Tekanan dalam shell kondensor jauh di bawah bahwa dari suasana sekitarnya dan ini menginduksi kebocoran atmosfer udara melalui kelenjar , sendi , dan flensa . Gas non - terkondensasi lain dapat dilakukan dengan uap dari boiler meskipun pengobatan dearators modern dan kimia air umpan telah mengurangi ini untuk minimum . Semua gas merupakan konduktor panas yang buruk dan , jika dibiarkan menumpuk , akan segera selimut permukaan tabung



kondensor

Figure Typical Surface Condenser

Ini jumlah udara kecil menumpuk di ruang uap kondensor dan harus dihapus secara terus-menerus sebagai tekanan mutlak dalam kondensor menurut Hukum Dalton adalah jumlah dari semua tekanan parsial atau jumlah dari tekanan uap dan tekanan udara , sehingga udara meningkatkan tekanan kondensor dan mungkin udara selimut bagian dari permukaan pendinginan .

Cara biasa penggalian udara tersebut adalah melalui sebuah ejektor udara , meskipun dalam beberapa kasus pompa udara , baik reciprocating atau rotary , dapat digunakan untuk tujuan ini . Kondensor pada Gambar diatas menunjukkan titik ekstraksi udara . Ini diambil dari bawah pelat baffle khusus terletak untuk menjebak gas-gas tersebut . Salah satu item yang paling umum digunakan peralatan untuk penghapusan terus menerus gas tersebut adalah steam ejector - jet . Gambar dibawah menunjukkan tampilan eksternal , dan Gambar dibawah pandangan cross- sectional dari ejektor satu tahap .

Dalam ejector udara, steam tekanan tinggi diperbolehkan untuk memperluas melalui nozzle , sehingga mengubah energi panas menjadi energi kinetik dan memproduksi jet kecepatan tinggi di discharge nozzle . Jet ini digunakan untuk naik kereta api udara dan non - condensables lain dan menarik mereka dari ruang kondensor . Kebanyakan kondensor memiliki pelat baffle untuk membimbing udara untuk pendingin udara khusus pada titik-titik ekstraksi udara .

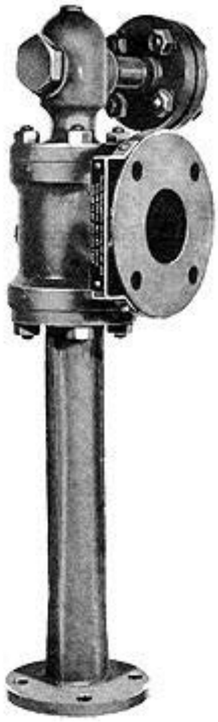


Figure
Single-Stage Steam-Jet Ejector

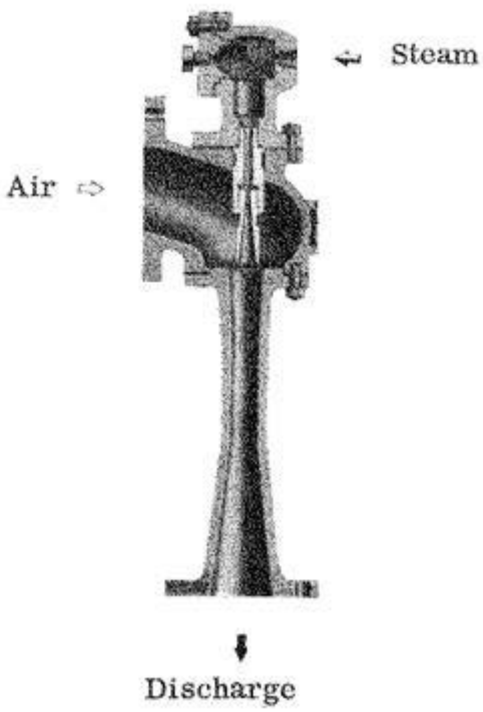


Figure
Sectional View of Ejector

Gambar dibawah menunjukkan dua tahap uap dioperasikan ejektor udara. Tinggi tekanan uap dipasok ke kedua nozel dan memungkinkan untuk memperluas melalui lubang kecil . Yang dihasilkan kecepatan tinggi uap entrains gas dari kondensor dan membawa mereka ke dalam tahap pertama shell - dan - tabung kondensor . Di sini uap menjadi terkondensasi dan gas yang tersisa ditarik off lagi dengan menjadi entrained dalam jet uap dari nozzle tahap kedua .

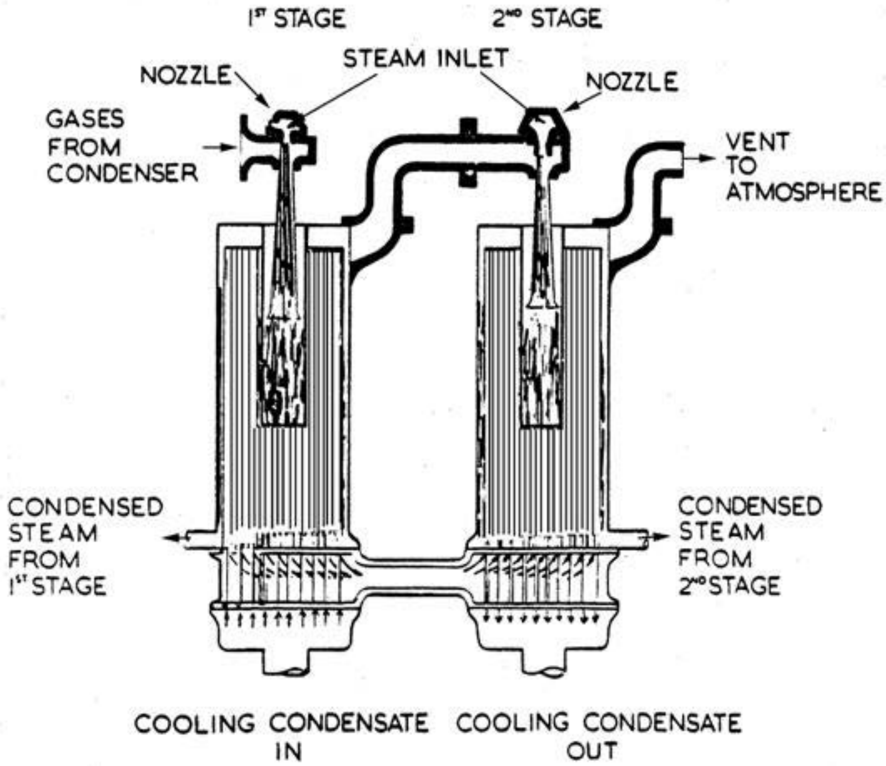


Figure Two-Stage Steam Ejector

Uap terkondensasi dalam tahap ini tapi di sini tekanan sedikit di atas atmosfer . Sisa udara dan gas-gas lainnya yang dibuang ke atmosfer .

Air yang digunakan untuk mendinginkan uap ejector sering boiler feedwater . Hal ini juga dapat air pendingin . Ketika air umpan yang digunakan, panas diperoleh dengan kondensasi uap ejector diserap ke dalam air umpan (atau kondensat) dalam pengesahan UU tersebut antara pompa ekstraksi dan pompa umpan boiler . Dengan demikian ejector menjadi , pada dasarnya, pemanas pakan lain, sehingga panas dalam uap yang digunakan tidak terbuang .

Lubang di nosel ejector kecil dan perawatan harus diambil untuk melihat bahwa hal itu tidak menjadi tersedak dengan benda asing dari pipa-pipa pasokan uap . Sebuah jaring saringan uap halus biasanya dipasang hulu nozel untuk alasan ini .

Mengacu pada Gambar dibawah , tekanan tinggi uap masuk pada A dan melewati nozzle B. uap tekanan tinggi melewati C dan bagian venturi (E) , menarik gas dari kondensor ke ejector melalui D. gas uap dan kondensor diarahkan atas tabung luar (F) beberapa kali oleh baffle (K) . Uap terkondensasi oleh air pendingin dan gas dari kondensor meninggalkan tahap pertama dan memasuki tahap kedua melalui G. Proses ini diulangi dalam tahap kedua , dengan gas yang dibuang ke atmosfir melalui L.

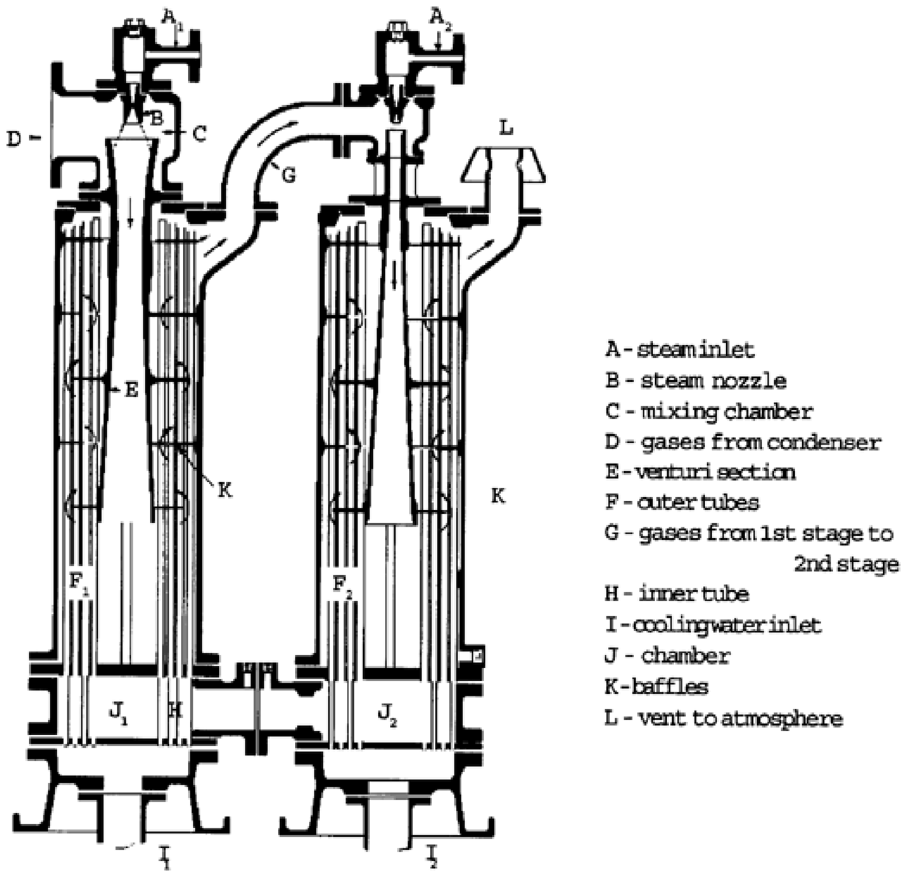


Figure Two-Stage Steam-Jet Air Ejector

Air pendingin untuk pendingin ejector pada Gambar . 26 adalah kondensat dari pompa ekstraksi . Air pendingin masuk pada I1 , dan mengalir ke atas melalui ban dalam (H) ke bagian atas tabung luar (F) . The tertutup top mengirimkan air kembali turun melalui tabung luar (F) , ke ruang pertama (J1) , dan kemudian ke kamar kedua (

J2) . Dari J2 , air mengalir sampai tabung luar dan ke bawah ban dalam , meninggalkan tahap kedua di I2 .

Penggunaan kondensat membuat fungsi pendingin ejector sebagai pemanas air umpan memulihkan kerugian panas dari uap jet .

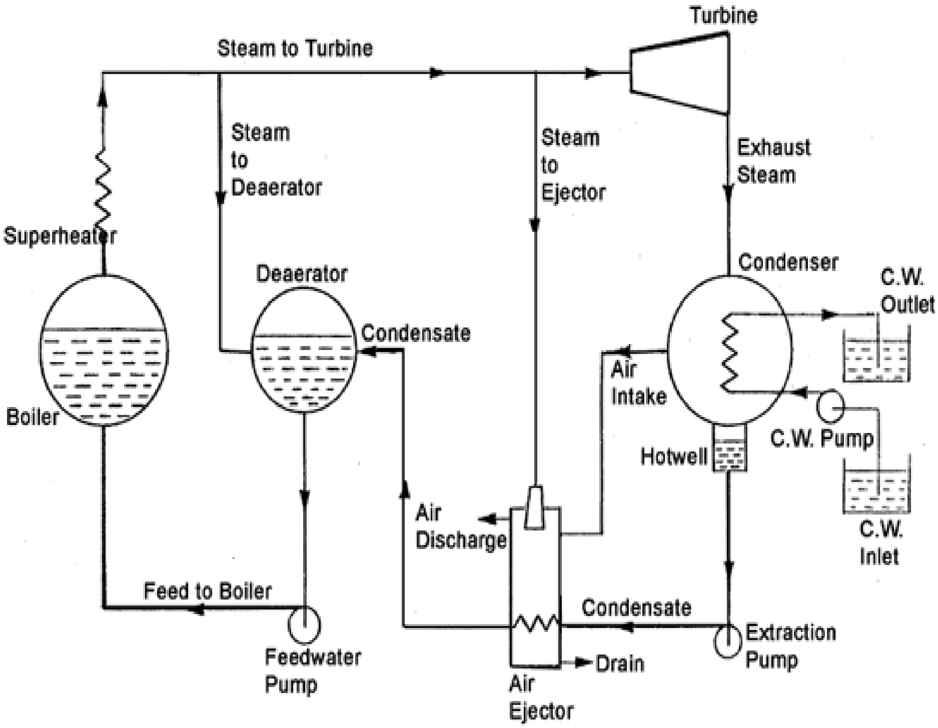


Figure Flow Diagram

Gambar diatas adalah diagram alir yang disederhanakan yang menunjukkan susunan berbagai komponen , termasuk pompa ekstraksi dan ejektor udara . Dalam contoh ini , kondensat dari pompa ekstraksi digunakan untuk mendinginkan udara ejector . Uap dipasok dari jalur suplai turbin . Ini adalah penyederhanaan tekanan uap untuk ejector biasanya 350 kPa sampai 1000 kPa .

Untuk vakum tinggi , ejector tiga tahap (Gambar 28) digunakan . Setiap tahap memiliki kondensor sendiri . Kondensor mungkin

penukar panas yang terpisah atau mereka mungkin terkandung dalam penukar panas tunggal , seperti pada Gambar . 28 .

Saluran yang terpisah menguras kondensat dari tiga tahap kondensor ejector udara ke Hotwell dari kondensor utama. Untuk mencegah udara yang tersedot ke Hotwell tersebut , perangkap uap disediakan di baris tahap pembuangan ketiga , dan 6-kaki U - bends disediakan dalam 1 dan 2 garis menguras panggung.

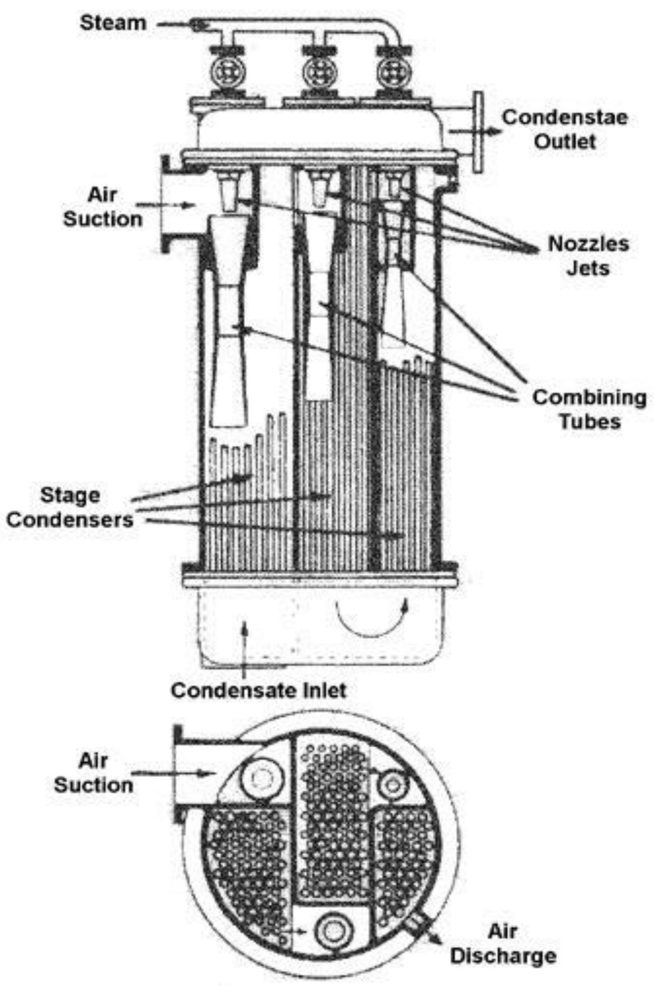


Figure Three-Stage Steam-Jet Air Ejector

AIR LEAKS

Kebocoran udara bisa sangat besar , hingga 5 mm diameter , sebelum mereka mengganggu vakum , sebagai ejector udara biasanya dapat menangani udara dari kebocoran kecil . Kebocoran udara hanya dapat

dideteksi dengan menutup kedua turbin dan kondensor , dan mengisi pemanas tekanan rendah dan ruang kondensor uap dengan air . Ukuran dari kebocoran biasanya akan membuat mereka mudah untuk menemukan .

Lokasi umum untuk kebocoran udara adalah :

• Flange dengan vakum di satu sisi dan tekanan atmosfer di sisi lain

• Katup bawah vakum . Flensa atau kemasan kelenjar dapat bocor

• Suction sisi poros kemasan atau segel pada pompa ekstraksi

• poros Turbin di bawah tekanan vakum , dengan tekanan steam rendah segel

Metode untuk mengidentifikasi kebocoran udara sementara peralatan sedang berjalan antara lain:

• Merekam semua flensa tersangka

• Memperketat semua katup pengepakan

• Menggunakan asap atau mencukur krim untuk mendeteksi titik kebocoran

• Menggunakan perangkat mendengarkan ultrasonik

Kebocoran udara akan mempengaruhi kinerja kondensor seperti yang ditunjukkan oleh peningkatan tekanan kondensor , tetapi sedikit atau tidak ada peningkatan suhu kondensat . Ini jumlah udara kecil menumpuk di ruang uap kondensor dan dengan demikian menurunkan efisiensi pabrik .

CONDENSER SAFETY DEVICES

Sebuah kondensor tidak akan lengkap tanpa alat pengaman tertentu , yang dirancang untuk melindungi kondensor dan melelahkan turbin ke dalamnya , terhadap kemungkinan masalah operasi . Bahaya utama yang harus dijaga terhadap adalah : peningkatan tekanan balik , kenaikan tingkat kondensat , dan kontaminasi dari kondensat .

Atmosfer Valve Bantuan

Kondensor adalah bejana tertutup dan karena itu akan mungkin bagi backpressure untuk naik sampai di atas tekanan atmosfer jika, misalnya , aliran air pendingin berhenti sementara kondensor pada beban . Sebuah shell kondensor tidak dirancang untuk menahan tekanan dari dalam dan akan segera gagal .

Katup relief atmosfer dirancang untuk membuka jika tekanan di kondensor naik di atas atmosfer dan memungkinkan uap untuk melarikan diri dari shell . Dalam kondisi normal katup ini diadakan tertutup oleh perbedaan tekanan antara tekanan atmosfer di luar dan vakum di shell . Dalam rangka untuk memastikan udara yang tidak bocor melewati katup ke kondensor , biasanya dilengkapi dengan segel air . Ini biasanya memiliki tuas uji dan harus diuji pada interval yang sering ketika mesin dimatikan beban . Hal ini memastikan katup beroperasi secara bebas .

Karena tujuan dari katup relief atmosfer adalah untuk melampiaskan aliran penuh knalpot uap ke atmosfer , sangat besar .

Untuk kondensor besar katup relief atmosfer diganti dengan diafragma ledakan atau cakram pecah pada semua knalpot turbin LP . Alat pelindung lainnya untuk tekanan kondensor adalah : vakum pay- off relay dan relay perjalanan vakum . Kekosongan pay- off relay yang tergabung dalam sistem gubernur turbin dan biasanya digunakan untuk beroperasi antara 10 kPa dan 40 kPa tekanan absolut . Bongkar turbin dimulai pada 10 kPa dan turbin sepenuhnya dibongkar pada 40 kPa . Perjalanan vakum estafet diatur untuk perjalanan turbin pada 50 kPa .

Kondensor Gage Kaca

Gelas ukur memberikan indikasi yang jelas dari tingkat kondensat dalam Hotwell kondensor . Bagian atas dan bawah kaca yang terhubung di atas dan di bawah permukaan air dan seluruh pas beroperasi di bawah kondensor vakum .

Perawatan harus diambil untuk melihat bahwa tidak ada udara - kebocoran di fitting , khususnya melalui ayam atau katup .

Tinggi Air Tingkat Alarm

Gelas ukur ini sering dilengkapi dengan pelampung dioperasikan , tinggi alarm air - tingkat .

Tingkat kondensat terus meningkat akan menutup lubang udara , mengisi ruang vakum dengan gas noncondensable , meningkatkan tekanan balik knalpot uap , dan mengurangi keluaran turbin dengan mengaktifkan relay unloader vakum .

DETEKSI LEAKS AIR COOLING

Jika tabung kondensor rusak atau ferrule yang mulai bocor , air pendingin dapat bocor ke dalam ruang steam dan mencemari kondensat . Kebocoran harus segera dideteksi dan dikoreksi . Beberapa metode dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran , dengan metode kemurnian listrik (konduktivitas) yang paling umum .

Air yang sangat murni , seperti kondensat , adalah nonconductor listrik , sedangkan air murni , seperti air pendingin , merupakan konduktor yang baik . Argometer konduktivitas dapat mendeteksi perubahan konduktivitas kondensat dan mendeteksi kebocoran .

Natrium klorida dalam air dapat dideteksi dengan uji perak nitrat . Penambahan beberapa tetes perak nitrat dengan air asin segera menciptakan perak klorida endapan putih susu . Ini adalah tes sederhana dan sensitif untuk kebocoran air garam ke kondensor dan digunakan ketika air pendingin asin .

Kebocoran yang sangat kecil dapat ditoleransi , jika kondensat dibersihkan Pemoles kondensat . Ketika kebocoran lebih besar dari Pemoles dapat menangani , kebocoran harus diperbaiki .

PERBAIKAN PENDINGIN AIR LEAKS

Satu jenis aliran kondensor harus dibawa keluar dari layanan untuk perbaikan . Ketika turbin dimatikan , kotak air dapat dikeringkan dan pintu pemeriksaan dibuka .

Ruang uap diisi dengan air bersih , setelah pendukung atau Jackscrews diterapkan untuk membawa berat kondensor . Ketika ruang uap penuh air , air akan bocor keluar dari tabung bocor . Karena kebocoran terdeteksi oleh meteran konduktivitas mungkin sangat kecil , pewarna fluorescein (sekitar 10 ppm) dapat ditambahkan untuk membantu deteksi . Dye bersinar hijau neon dalam cahaya dari lampu sinar ultraviolet .

Kondensor besar biasanya aliran ganda , dengan tabung diperluas di kedua ujungnya . Mereka dapat diperbaiki di setengah beban atau kurang . Biasanya satu sisi dikeringkan dan pengukuran konduktivitas menunjukkan jika sisi bocor adalah sisi masih dalam layanan atau tidak .

EXTRAKSI ATAU KONDENSASI POMPA

Ekstraksi atau kondensat pompa terus memompa kondensat dari kondensor Hotwell , melalui pendingin udara dan pemanas ejector tekanan rendah , ke deaerator tersebut .

Pompa ekstraksi biasanya pompa sentrifugal dengan dua atau tiga tahap . Gambar . 29 adalah dua impeller pompa ekstraksi horisontal dengan impeler menentang . Impeler menentang bekerja secara paralel . Segel sisi pompa hisap ekstraksi biasanya dipasok dengan air pompa debit untuk menutup poros .

Pompa ekstraksi harus beroperasi di bawah kondisi parah , karena mereka harus mempertahankan tingkat konstan dekat dalam panas dengan baik , sementara memompa air hampir mendidih di mendekati nol tekanan hisap mutlak . Mereka juga harus menangani berbagai macam kapasitas karena beban yang bervariasi dari turbin , yang melelahkan ke kondensor .

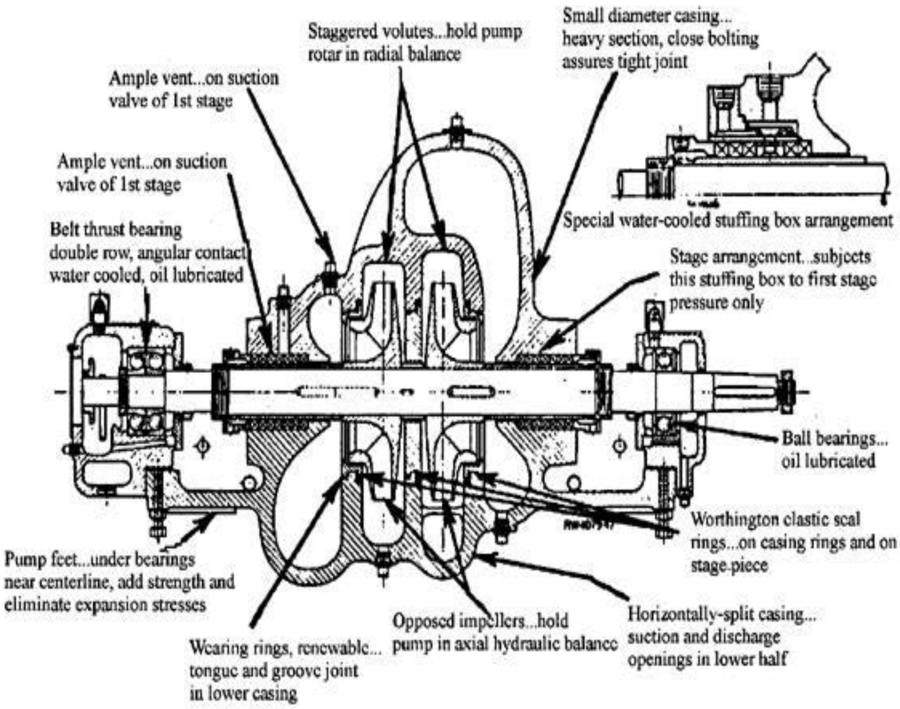


Figure Horizontal Extraction Pump

Pompa ekstraksi harus memompa air dekat dengan mendidih , suatu kondisi yang membutuhkan NPSH yang sangat rendah (net positif suction head) , dan mengekspos pompa untuk lebih dari kavitasi pompa lainnya . Untuk mengurangi kavitasi pompa ekstraksi jenis sumur vertikal (Gambar dibawah) yang sering digunakan . Flens sumur sejajar dengan lantai untuk meningkatkan kepala hisap . Sumur kedap udara dengan jalur udara -release ke kondensor . Pompa ini memiliki kinerja yang lebih baik dan kavitasi kurang dari pompa horisontal .

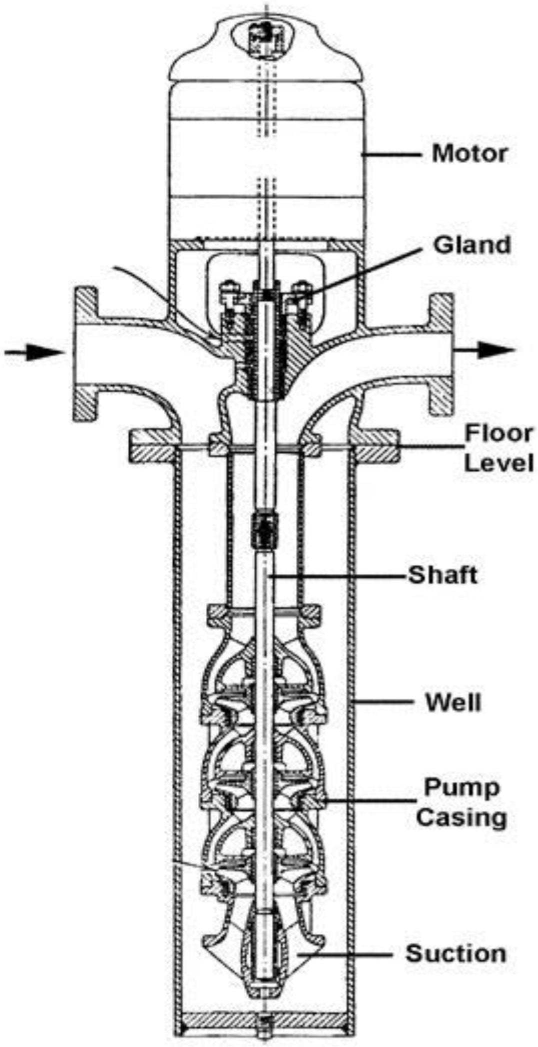


Figure Vertical Multistage Extraction Pump

FEEDWATER HEATERS
Pemanas tekanan rendah (Gambar dibawah) memiliki waterside terkena tekanan debit dari pompa ekstraksi , sedangkan pemanas tekanan tinggi memiliki tekanan feedpump boiler di waterside .

Pemanas tekanan rendah sering dari desain lurus tabung . Tabung dan tabung - lembaran dibangun kuningan , shell baja ringan , dan waterboxes adalah baja atau besi cor . Shell mungkin memiliki bellow ekspansi atau Waterbox mengambang seperti pada Gambar dibawah , yang memungkinkan untuk ekspansi dan kontraksi .

Pompa umpan boiler memaksa air umpan melalui tabung pemanas tekanan tinggi . Tabung ini dari baja karbon dan " U " desain tabung

bersifat umum karena solusi yang sangat baik dan sederhana untuk ekspansi dan kontraksi . (Gambar dibawah) Tabung dapat diperluas atau dilas ke lembar tabung .

.

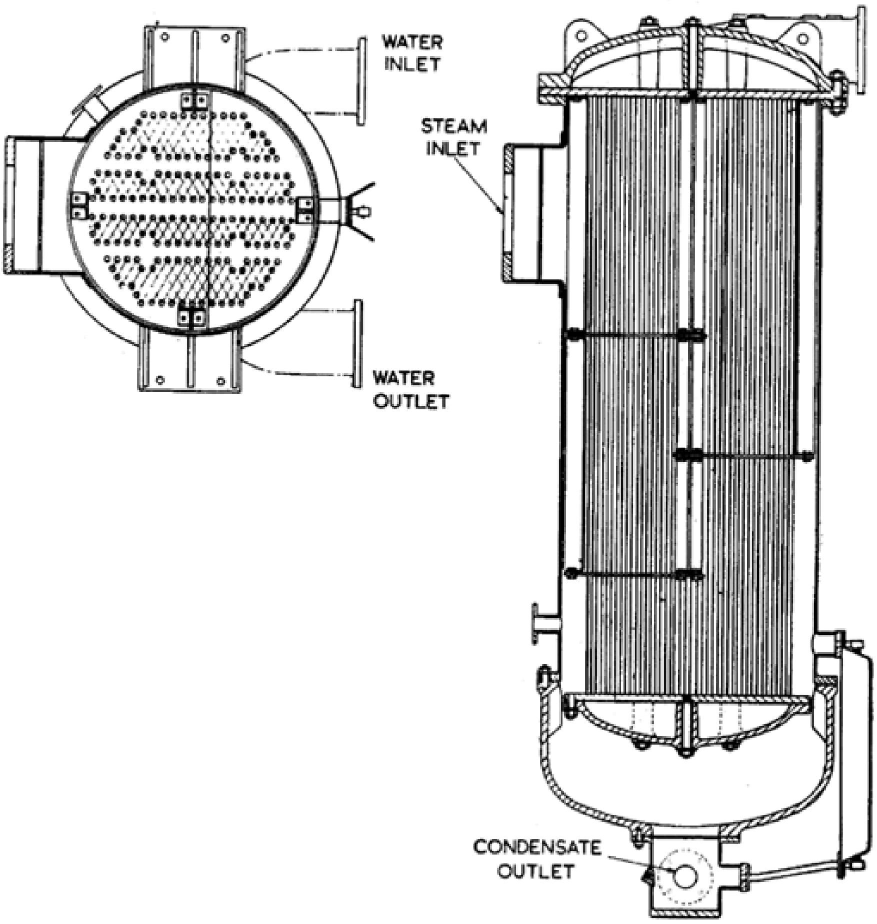


Figure
Low Pressure Feedwater Heater
Pemanas bervariasi dalam desain shell , tata letak saluran , dan lampiran akhir . Mereka mungkin vertikal atau horizontal . Shell memiliki ekspansi bersama ketika tabung yang dilas ke dalam lembaran tabung , atau kepala mengambang

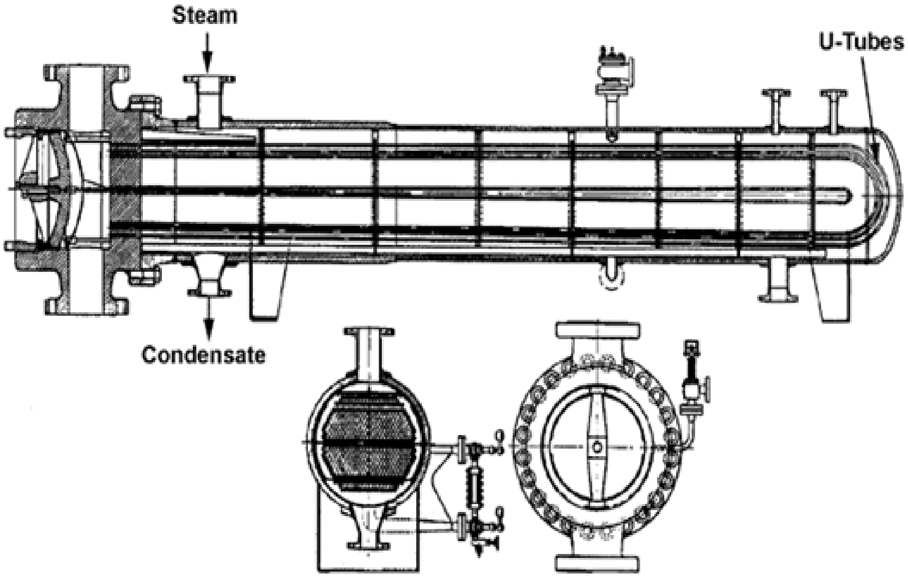


Figure High-Pressure Feedwater Heater

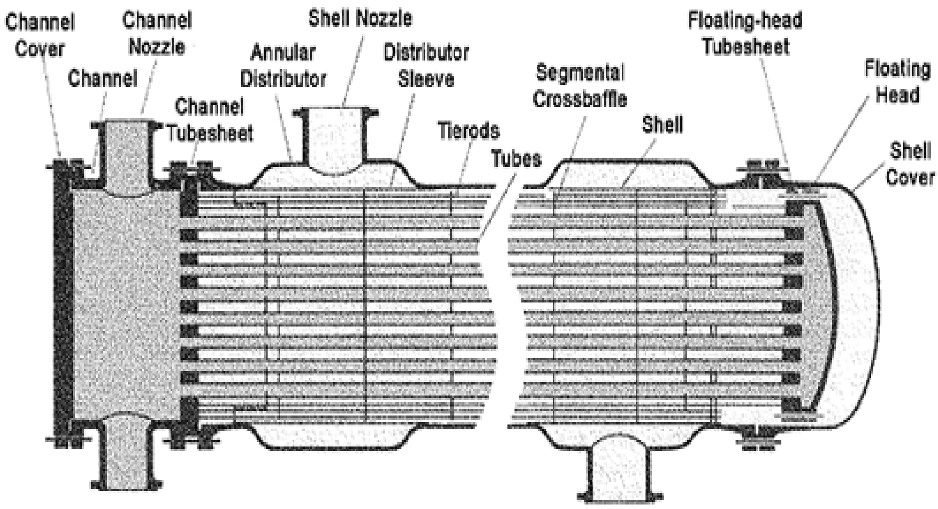


Figure Heat Exchanger with Floating Head

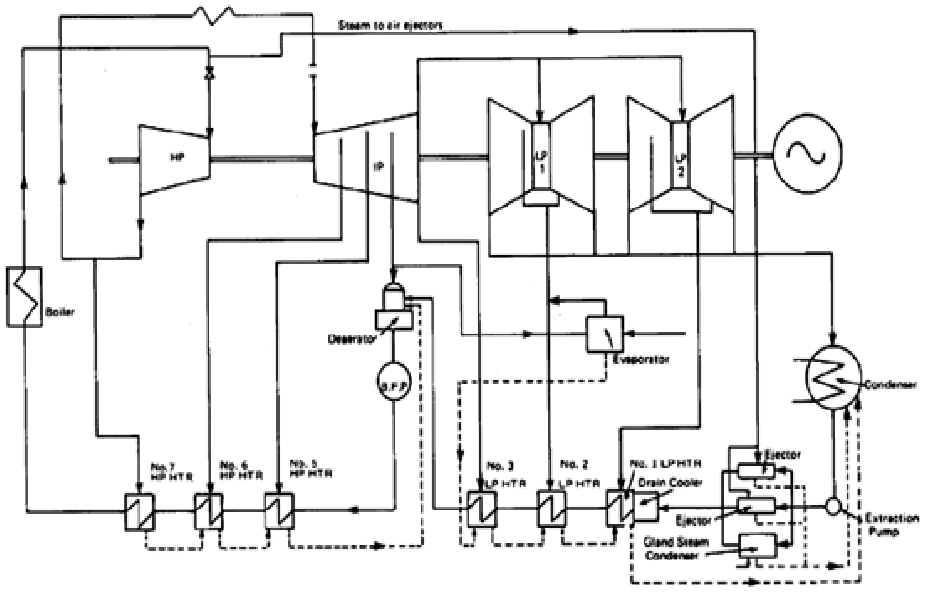


Figure Feedwater Heater System

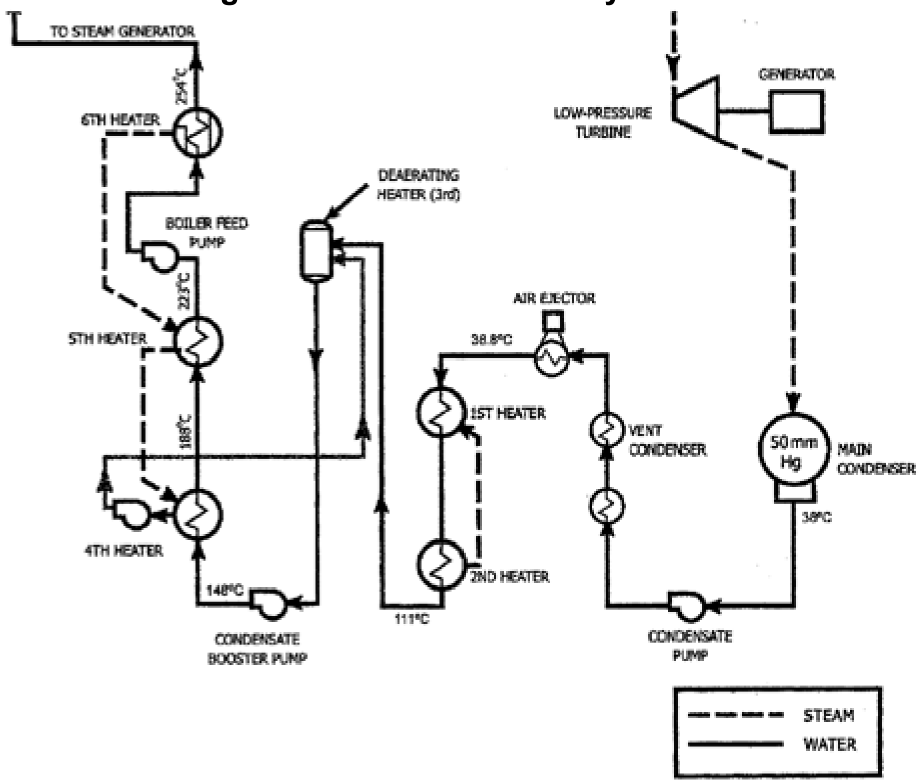


Figure Six Stage Feedwater Heating System with Temperatures

BAB XI
KOMPRESOR

COMPRESSOR TERMINOLOGY

Rasio kompresi

Rasio kompresi adalah rasio tekanan discharge tekanan intake . Keduanya harus tekanan mutlak .

kapasitas

Kapasitas adalah jumlah udara terkompresi dan disampaikan oleh kompresor . Hal ini dinyatakan dalam m3/min dari udara bebas . Hal ini juga dikenal sebagai udara bebas disampaikan (FAD) atau kapasitas udara bebas .

pementasan

Rasio kompresi yang tinggi dalam hasil silinder tunggal dalam efisiensi volumetrik Sejalan rendah dan suhu debit tinggi . Untuk mengatasi ini fitur yang tidak diinginkan , kompresi dapat dilakukan dalam dua atau lebih silinder berturut-turut . Hal ini memungkinkan rasio kompresi yang lebih moderat di setiap silinder , atau tahap . Hal ini menghasilkan efisiensi volumetrik yang lebih baik, tapi tidak dalam suhu debit rendah kecuali udara didinginkan antara tahap .

Compressor Displacement

Kompresor perpindahan adalah volume menyapu oleh piston dan dinyatakan dalam meter kubik per menit . Jika kompresor memiliki lebih dari satu tahap , perpindahan adalah volume tersapu oleh piston tahap pertama hanya sebagai udara yang sama melewati semua tahapan dalam seri .

intercoolers

Intercoolers digunakan untuk mendinginkan udara terkompresi antara tahapan kompresor multi-tahap . Mereka dipasang untuk membawa suhu udara tekan di bawah temperatur atmosfer . Mereka mengembun dan menghilangkan uap air apapun dari udara sebelum lolos ke tahap

berikutnya , yang menurunkan jumlah daya yang diperlukan untuk memampatkan udara .

Pendingin udara selama kompresi menyebabkan kompresi untuk mengikuti proses isotermal daripada adiabatik tersebut . Pekerjaan yang diperlukan untuk kompresi isotermal adalah kurang dari yang dibutuhkan untuk kompresi adiabatik . Penggunaan intercooler untuk mendinginkan udara antara tahap kompresi mengurangi daya yang diperlukan untuk kompresi sebesar 15 % , sehingga meningkatkan kapasitas keseluruhan dari sistem kompresor .

Aftercoolers

Aftercoolers digunakan untuk mendinginkan udara terkompresi sebelum dikirim baik ke titik penggunaan atau ke penerima . Suhu udara tekan menurun hingga di bawah bahwa dari suhu atmosfer yang ada . Hal ini memudahkan penghapusan kelembaban dan minyak uap dari aliran udara terkompresi . Jika uap minyak tidak kental dan dihapus, itu akan memiliki efek yang merugikan pada instrumen - udara yang dioperasikan membangun setiap up deposito dalam pipa dan waduk , yang dapat memicu dan meledak .

PENGARUH KELEMBABAN

Udara bebas atau atmosfer selalu membawa kelembaban uap air . Jumlahnya tergantung pada suhu udara . Air membawa jumlah maksimum air pada suhu tertentu dikatakan jenuh . Udara jenuh , pada suhu normal dan tekanan atmosfer , mengandung sekitar 0,5 kg kelembaban untuk setiap 28 m3 udara . Kelembaban ini akan dibawa ke dalam kompresor dengan udara . Ketika volume udara dikurangi dengan kompresi beberapa kelembaban disimpan . Air harus dikeluarkan dari udara karena memiliki efek yang merugikan pada instrumen yang dioperasikan dengan udara dan alat-alat dan juga dapat membeku di penerbangan .

PENGARUH KETINGGIAN

Sebagai ketinggian di atas permukaan laut atau ketinggian meningkat, tekanan atmosfer menurun . Ini berarti bahwa kompresor dipasang pada ketinggian tinggi akan membutuhkan rasio kompresi yang lebih tinggi untuk menghasilkan tekanan discharge yang sama seperti yang akan mesin dipasang di permukaan laut . Selain itu , karena fakta bahwa satu

kilogram air menempati volume yang lebih besar pada ketinggian yang lebih tinggi dari pada permukaan laut , kompresor akan memberikan massa lebih rendah dari udara ketika dioperasikan di lokasi di atas permukaan laut .

RECIPROCATING COMPRESSORS

Sebuah kompresor reciprocating adalah satu di mana udara dikompresi oleh piston yang bergerak secara reciprocating dalam silinder . Silinder ini dilengkapi dengan intake dan katup debit untuk mengontrol aliran masuk udara dan kepergian . Jenis kompresor digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk layanan pembangkit listrik dan komersial, industri , dan instalasi pertambangan . Sangat cocok untuk semua rentang tekanan .

Kompresor reciprocating dibuat dalam berbagai desain atau pengaturan dan dibagi ke dalam jenis menurut apakah mereka adalah:

- Single- acting
- Dua -acting
- Single- tahap
- Dua-tahap
- Tandem
- piston Gratis

Single-Acting Compressors

Pada tipe single- acting , kompresi berlangsung di salah satu ujung silinder , yang memberikan hanya satu langkah kompresi untuk setiap crankshaft atau flywheel revolusi . Dalam hal ini kompresor -tunggal , udara dikompresi selama stroke ke atas piston . Selama stroke ke bawah , lebih banyak udara ditarik ke dalam silinder . Sebuah kompresor -tunggal diilustrasikan pada Gambar 1 .

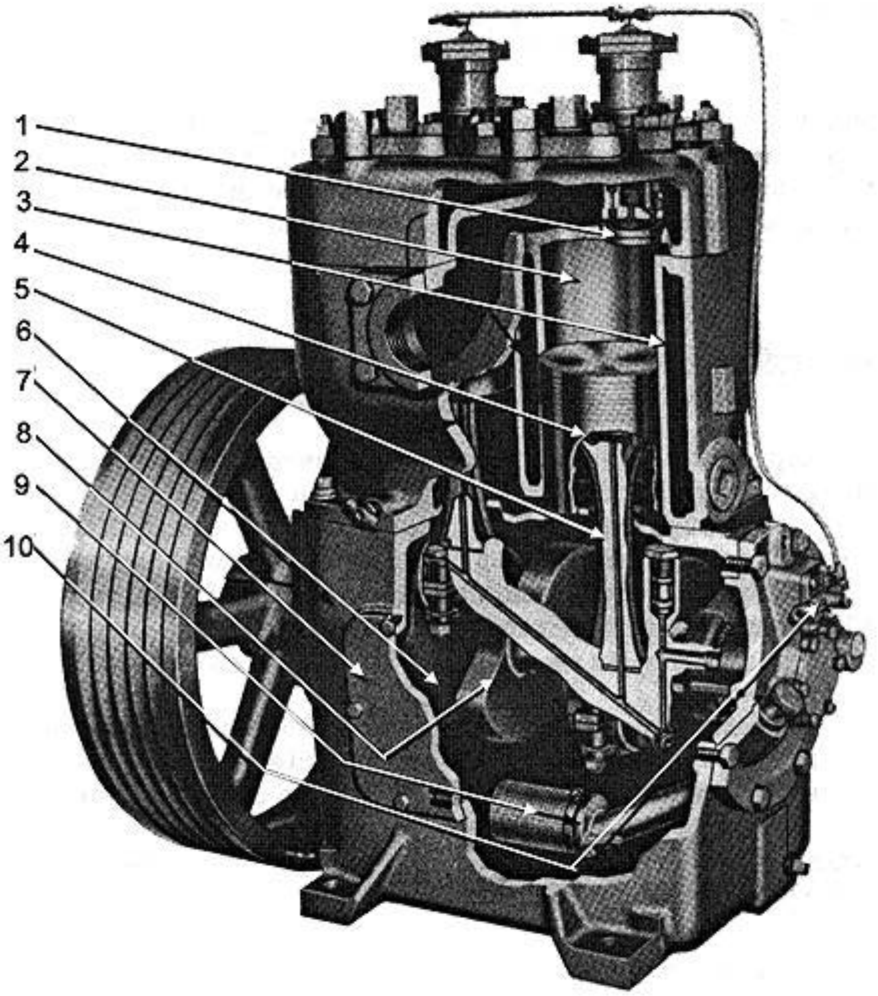


Figure 1: Single-Acting Compressor

Penjelasan gambar 1 :

1. plate type valve
2. cylinder
3. cylinder water jacket
4. automotive type piston
5. connecting rod.
6. crankcase
7. crankcase door
8. crankshaft counterweight
9. oil screen
10. low oil pressure alarm

Double-Acting Compressors

Gambar . 2 menunjukkan susunan ganda -acting silinder kompresor . Ketika piston bergerak ke kiri , vakum parsial terbentuk di ujung kanan silinder dan udara ditarik masuk melalui katup hisap tangan kanan . Pada saat yang sama , udara yang dikompresi oleh piston dan dipaksa keluar melalui katup discharge tangan kiri . Ketika piston berbalik dan bergerak ke kanan , itu akan memampatkan udara di sebelah kanan dan memaksa udara melalui katup discharge tangan kanan . Pada saat yang sama , udara akan ditarik ke dalam silinder melalui katup hisap tangan kiri . Kompresi dan debit terjadi pada kedua sisi piston . Oleh karena itu, ada dua stroke kompresi per revolusi .

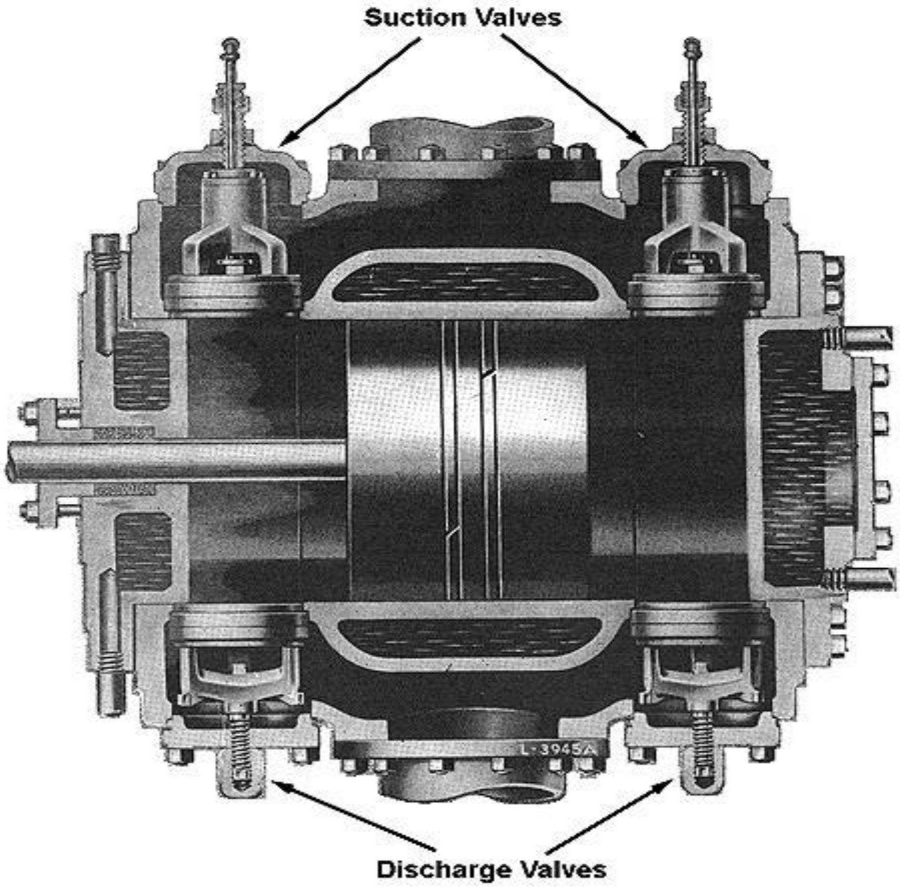


Figure 2: Double-Acting Compressor Cylinder

Single-Stage Compressors

Sebuah kompresor satu tahap mungkin memiliki satu atau lebih silinder , seperti yang ditunjukkan pada Gambar . 3 . Untuk tekanan udara terkompresi hingga 850 kPa atau mungkin 1000 kPa , udara yang dikompresi dengan tekanan yang diinginkan dalam satu silinder , yang dapat berupa single- acting atau double -acting . Susunan ini disebut sebagai kompresi satu tahap . Jika lebih dari satu silinder yang digunakan , masing-masing silinder akan menjadi ukuran yang sama seperti yang lain . Fungsi dari masing-masing silinder untuk memampatkan udara dari atmosfer sekitarnya untuk tekanan akhir yang diinginkan

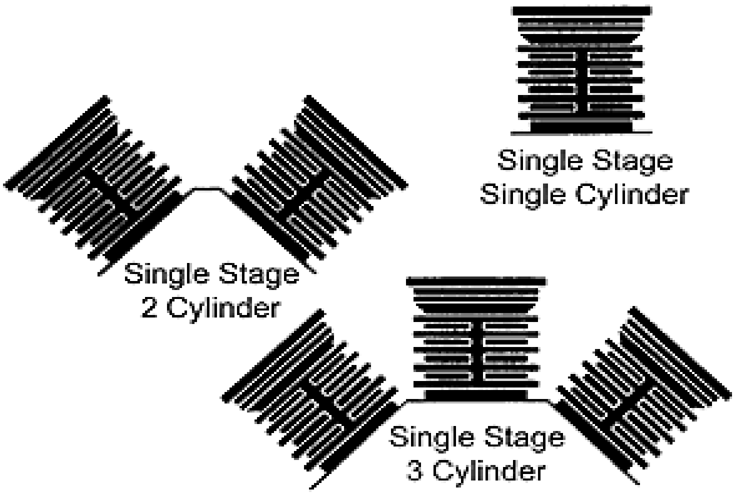


Figure 3: Single-Stage Compressor Variations

Gambar . 4 adalah tahap tunggal , air cooled kompresor double-acting yang dirancang untuk tugas berat . Bantalan katup cincin -piring yang digunakan , katup hisap yang disediakan dengan diafragma dioperasikan angkat katup untuk bongkar muat . Entah konstan kontrol kecepatan bebas udara atau otomatis start- dan -stop kontrol, atau kombinasi dari keduanya, digunakan untuk pengaturan output kompresor . Silinder dan kepala disediakan dengan jaket air liberal . Poros dan batang segel dan ketat mencakup pada semua bukaan crankcase melindungi terhadap kebocoran minyak dan masuknya debu dan kontaminan lainnya .

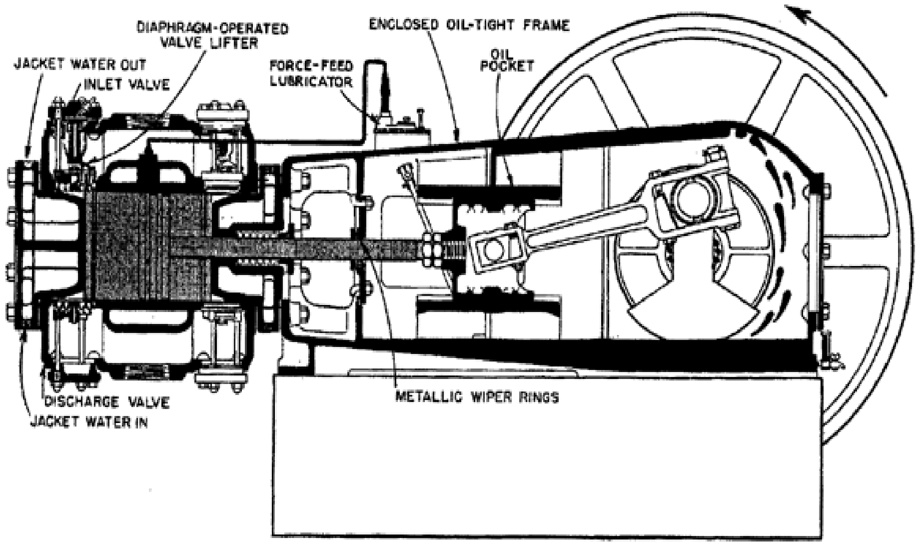


Figure 4: Consolidated Pneumatic, Type T, Single-Stage Compressor

Two-Stage Compressors

Sebuah kompresor dua tahap terdiri dari dua atau lebih silinder dengan tahap pertama yang lebih besar dari diameter kedua . Untuk tekanan dari 1000 kPa sampai 6900 kPa , udara dikompresi pertama dalam silinder tekanan rendah dan kemudian lebih lanjut dikompresi dengan tekanan akhir dalam silinder bertekanan tinggi . Susunan ini dikenal sebagai kompresi dua tahap . Silinder dapat berupa single- acting atau double - acting untuk ukuran di bawah 150 kW . Di atas ukuran ini , silinder biasanya tipe double - acting

Gambar . 5 menunjukkan dua variasi dalam desain dua tahap kompresor . Gambar . 5 (a) menunjukkan dua tahap , dua silinder kompresor udara . Udara atmosfir diambil melalui filter ke tahap pertama yang dikompresi dengan tekanan awal . Hal ini kemudian dibuang ke inlet dari tahap kedua , di mana ia melakukan kompresi untuk tekanan akhir dan dibuang ke tangki penyimpanan . Sebuah intercooler bersirip dipasang antara dua tahap untuk mengurangi suhu udara . Ketika volume yang lebih besar dari udara tekan pada tekanan moderat diperlukan , dua silinder tekanan rendah (baik tahap pertama) dapat dibuang ke tekanan tinggi tunggal atau tahap kedua , seperti yang ditunjukkan pada Gambar . 5 (b) .

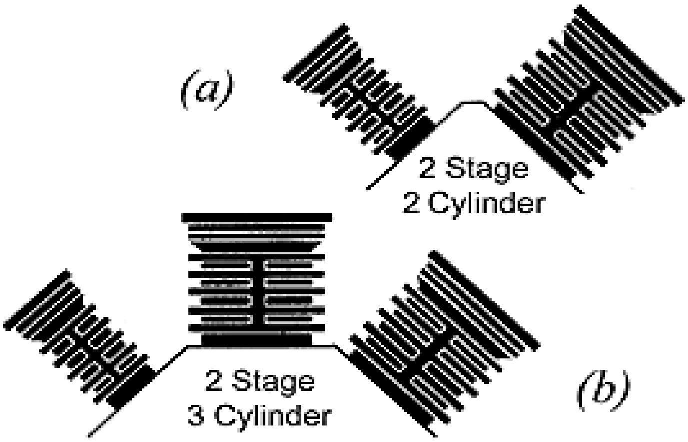


Figure 5: Two-Stage Air Compressor Variations

Gambar . 6 menunjukkan bagian yang lebih rinci dari tiga silinder , kompresor dua tahap , yang dilengkapi dengan intercooler antara dua tahap . Tiga silinder ditetapkan pada 60 ° antara masing-masing pasangan , membuat unit yang kompak . Setelah kompresi awal pada dua silinder tekanan rendah yang identik , udara masuk ke dalam intercooler indie dimana suhu kompresi berkurang . Kemudian udara lolos ke silinder tekanan tinggi untuk kompresi akhir .

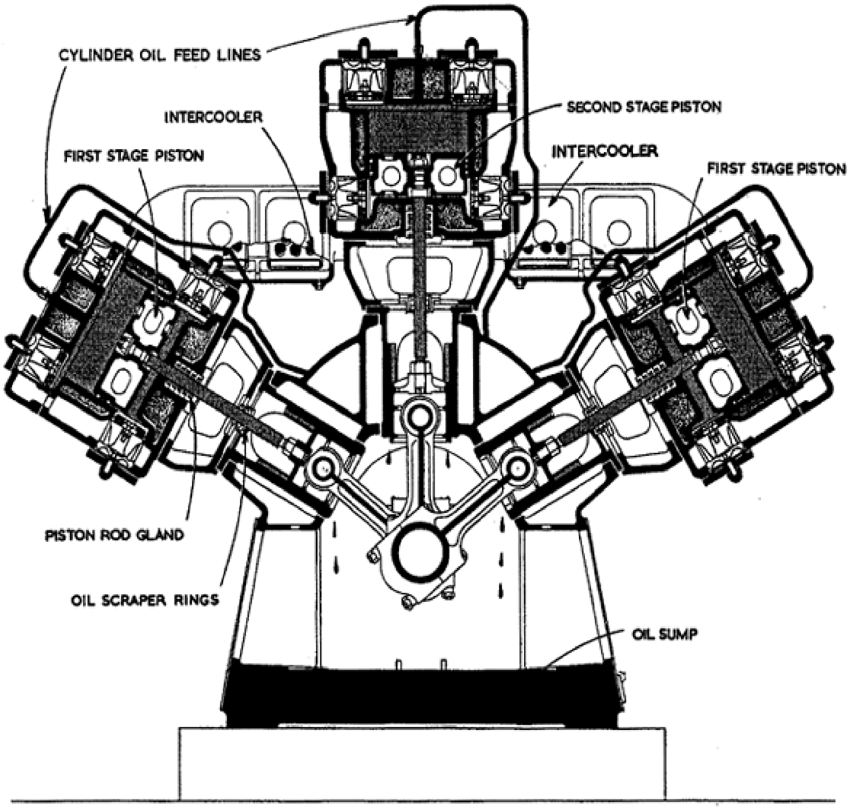


Figure 6: Two-Stage Three-Cylinder Compressor

Tandem Compressors

Gambar . 7 menunjukkan desain tiga - tahap kompresor tandem di mana silinder tahap pertama adalah aksi ganda , sedangkan silinder tahap kedua dan ketiga adalah kerja tunggal . Hal ini menyebabkan hampir merata dibagi beban antara luar dan kembali stroke , yang , pada gilirannya , hasil dalam operasi halus . Dengan susunan silinder yang digunakan , hanya satu piston - rod kotak isian diperlukan .

Tabung intercooler pertama dan tahap kedua yang tertutup di shell umum . Dalam setiap kasus , berarti telah disediakan untuk pemisahan dan pengeringan kelembaban kental untuk mencegah ditarik ke dalam silinder berikutnya . Minyak dipasok langsung ke dinding silinder dan kotak isian bila diperlukan dengan menggunakan pelumas kekuatan - pakan , yang didorong tersebut .

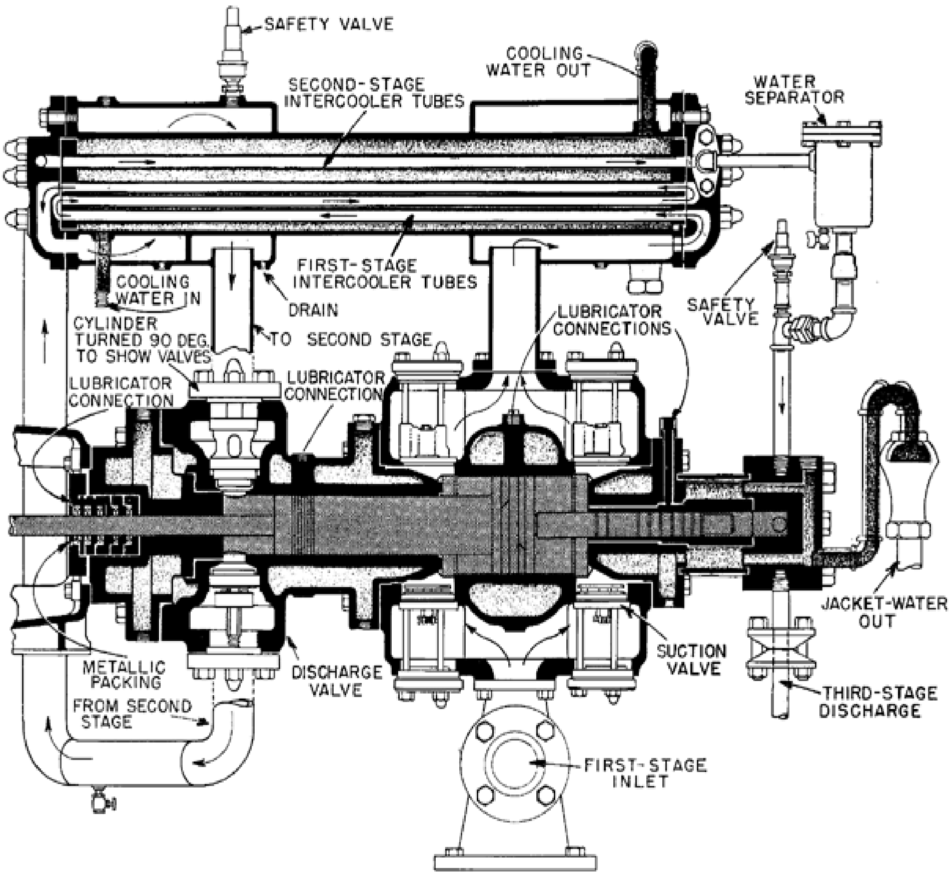


Figure 7: Consolidated Pneumatic, Horizontal Tandem, Three-Stage Compressor

Free Piston Compressor

Ini adalah jenis khusus dari reciprocating kompresor menampilkan ruang pembakaran utama dari jenis diesel yang mengandung piston menentang masing-masing yang mendorong piston lain dalam silinder udara . Salah satu silinder udara ini bertindak sebagai bagian bantalan udara sedangkan silinder udara lainnya bertindak sebagai bagian udara terkompresi memproduksi .

Gambar . 8 mengilustrasikan prinsip pengoperasian mesin piston gratis . Dalam Gambar . 8 (a) , dua piston diesel menentang bergerak dalam hati , mengkompresi muatan udara yang terjebak di antara mereka . Pada saat

yang sama , bagian dalam kompresor piston besar memaksa udara ke dalam kotak udara mengais bawah batang piston . Pada saat yang sama , udara ditarik ke dalam silinder kompresor pada sisi luar dari piston kompresor . Menjelang akhir langkah kompresi , bahan bakar disuntikkan dan daya stroke dimulai .

Dalam Gambar . 8 (b) , daya stroke terjadi , di mana piston diesel terpaksa terpisah . Hal ini menyebabkan kompresor piston besar untuk memampatkan udara dalam silinder kompresor dan mengirimkannya ke penerima udara . Pada saat yang sama , mengais udara ditarik ke dalam silinder di sisi bagian dalam piston kompresor . Di ujung lain dari mesin, piston bantal yang menekan udara dalam silinder bantal . Kompresi udara ini bertindak sebagai roda gila untuk memaksa piston bersama lagi .

Gambar . 8 (c) menunjukkan akhir dari kekuasaan stroke dengan port inlet dan exhaust port untuk silinder diesel keduanya terungkap . Mengais-ngais udara mengalir dari kotak udara mengais ke dalam silinder diesel dan gas buang dikeluarkan melalui exhaust port . Udara dikompresi dalam silinder bantal sekarang memaksa piston bersama-sama , sekali lagi , seperti yang ditunjukkan dalam (a) dan siklus diulang .

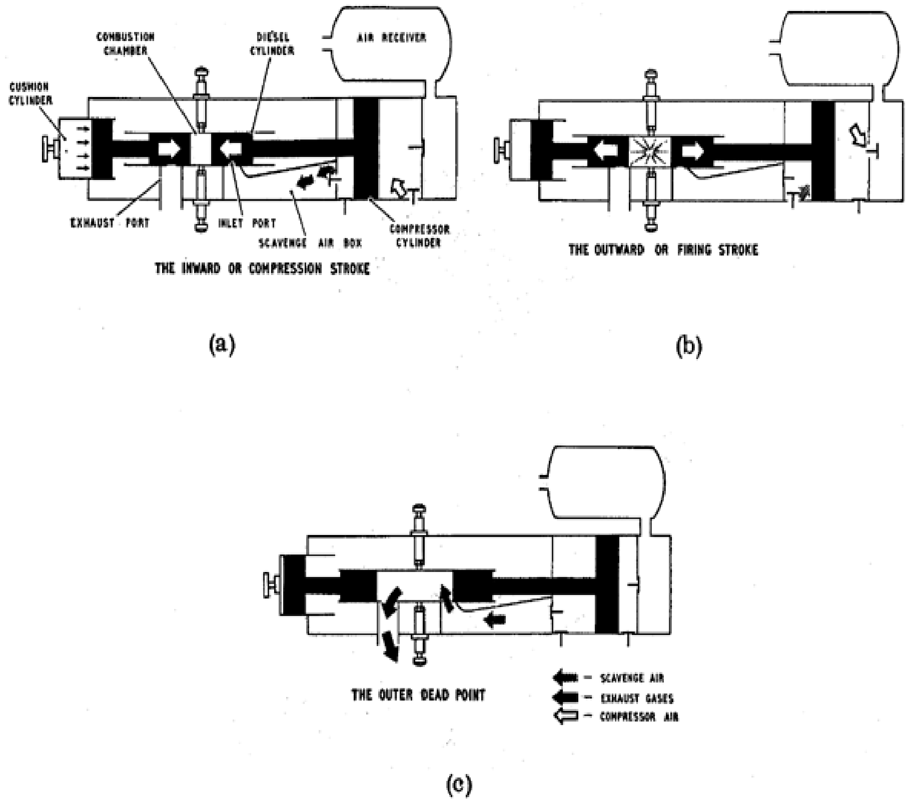


Figure 8: Free Piston Engine Principle of Operation

RECIPROCATING COMPRESSOR COMPONENTS

Cylinders

Silinder kompresor terbuat dari besi cor untuk tekanan sampai 1000 kPa atau baja cor untuk tekanan sampai 6900 kPa . Di atas tekanan ini , bahan yang digunakan biasanya ditempa baja .

Bila kompresor beroperasi , silinder dipanaskan karena panas kompresi dan gesekan cincin piston . Hal ini diperlukan , karena itu, untuk menghilangkan panas ini dan untuk menjaga silinder pada produsen direkomendasikan suhu operasi . Hal ini dilakukan dengan cara air - cooling atau pendingin udara .

Untuk air - cooling , silinder memiliki ruang atau jaket air yang mengelilingi barel silinder melalui mana air pendingin bersirkulasi. Sebuah penampang silinder air - berjaket ditunjukkan pada Gambar . 9 . Untuk pendingin udara

, silinder memiliki sirip cor integral, yang menyediakan area memancar meningkat .

Air - cooling lebih efisien daripada pendingin udara . Namun, mesin berpendingin udara , memiliki keuntungan sebagai berikut :

• Konstruksi sederhana

• perpipaan persyaratan Kurang

• Tidak ada bahaya pembekuan

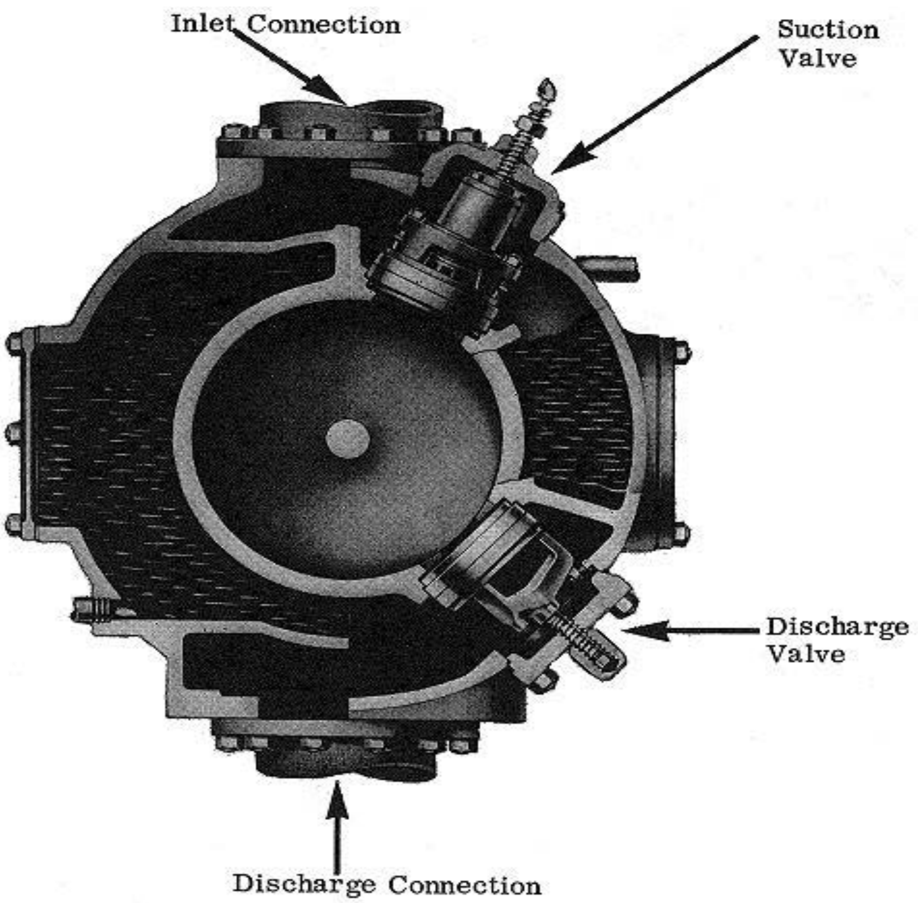


Figure 9: Water Cooled Cylinder

Pistons

Piston terbuat dari baja , besi cor , atau aluminium . Jenis Batang (tipe otomotif) piston yang digunakan untuk kompresor single- acting . Double-acting piston kompresor mungkin padat atau berongga . Mereka biasanya dipasang pada batang piston dengan fit lancip terhadap bahu mesin pada batang dan terkunci di tempatnya dengan cara kacang . Jika silinder dilumasi , cincin piston yang terbuat dari besi cor . Jika operasi bebas minyak yang diinginkan , cincin piston adalah Teflon atau karbon . Gambar . 10 menggambarkan dua jenis piston kompresor , single -acting jenis batang dan tipe double -acting .

Dengan piston kerja-tunggal , batang penghubung berfungsi sebagai batang piston juga, seperti yang ditunjukkan pada Gambar . 10 , sedangkan piston ganda -acting melekat ke judul bab dengan cara baja batang piston .

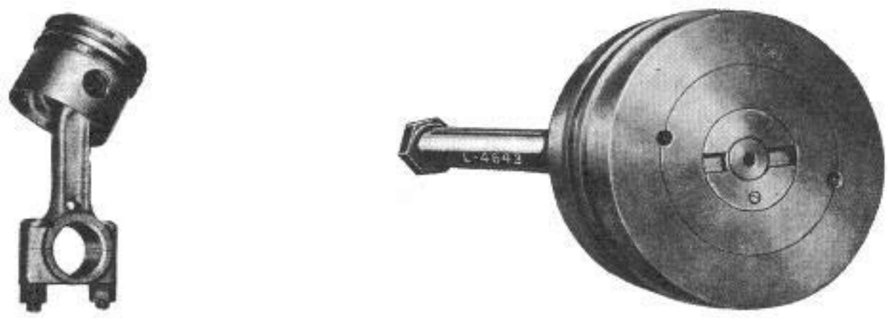


Figure 10: Single-Acting Piston Double-Acting Piston

Crosshead

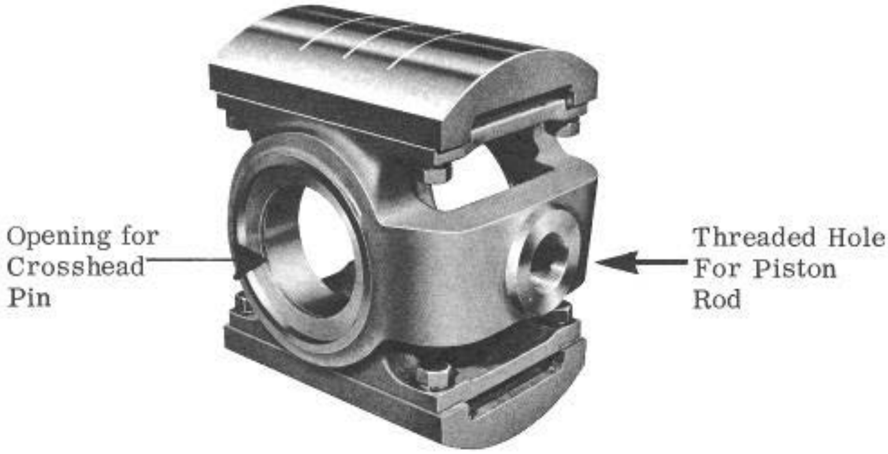


Figure 11: Compressor Crosshead

Connecting Rods

Terbuat dari baja ditunukkan pada . Fig. 12.

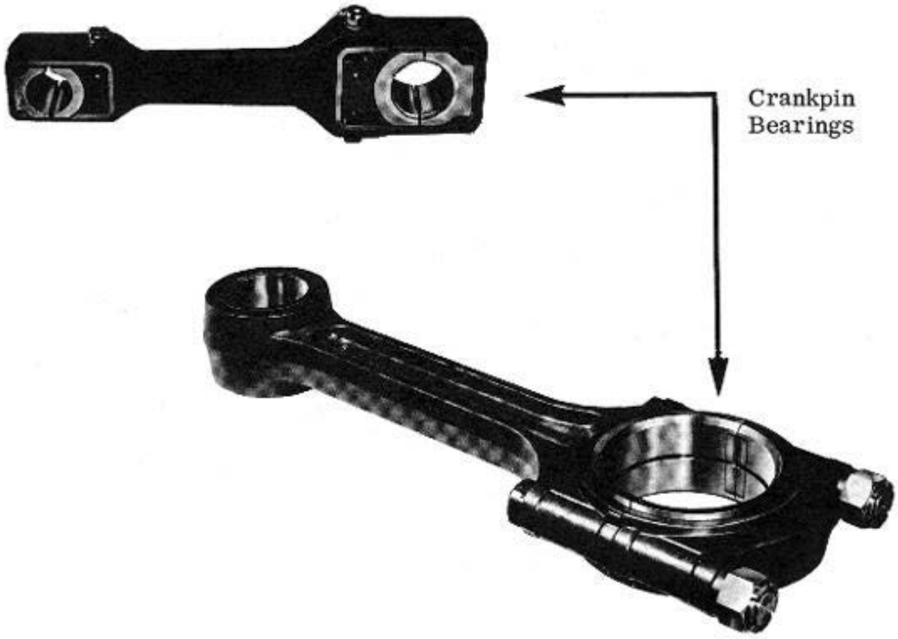


Figure 12: Compressor Connecting Rods

Fig. 13 gambaran dari connecting rod

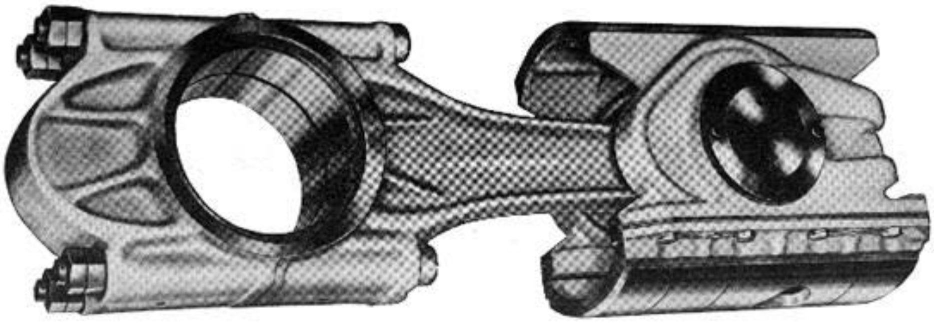


Figure 13: Crosshead and Connecting Rod

Compressor Crankshafts

Compressor crankshafts dibuat dari baja. Gambarannya ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

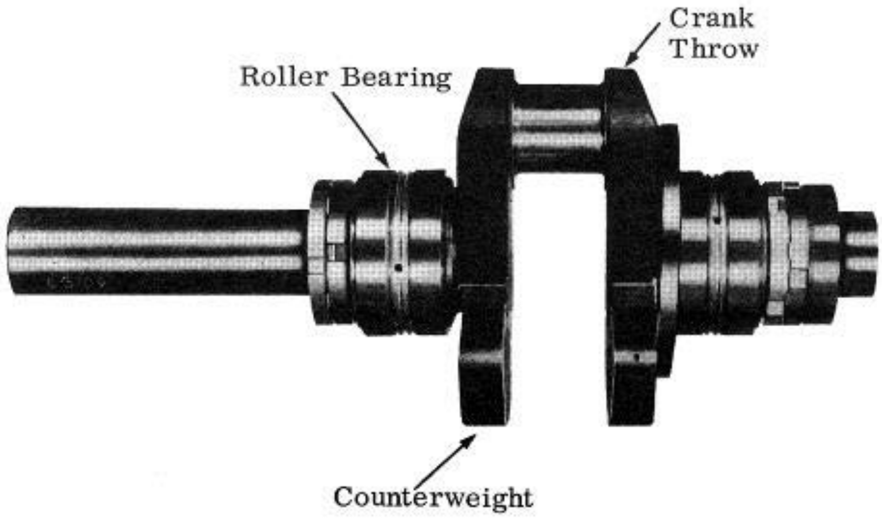


Figure 14: Counterweighted Crankshaft

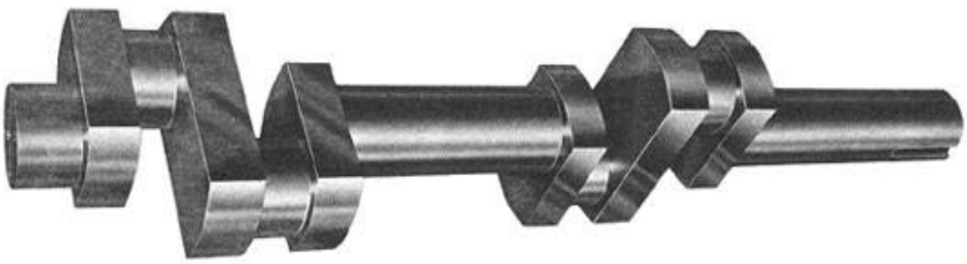


Figure 15: Crankshaft With Opposed Crank Throws

Compressor Valves

Compressor valves ada 2 tipe yang berbeda. Dua tipe yang sering digunakan adalah:

- Plate type
- Channel type

1. Plate Disc Type

Gambarannya ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

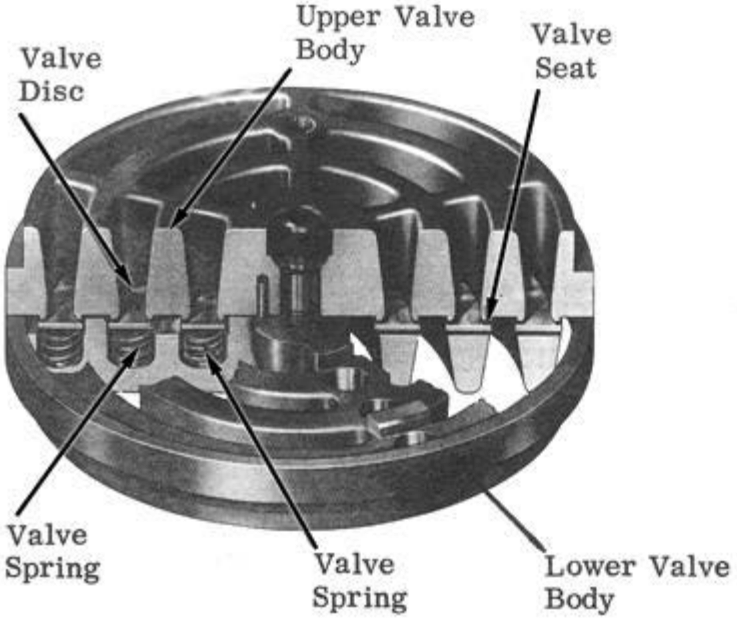
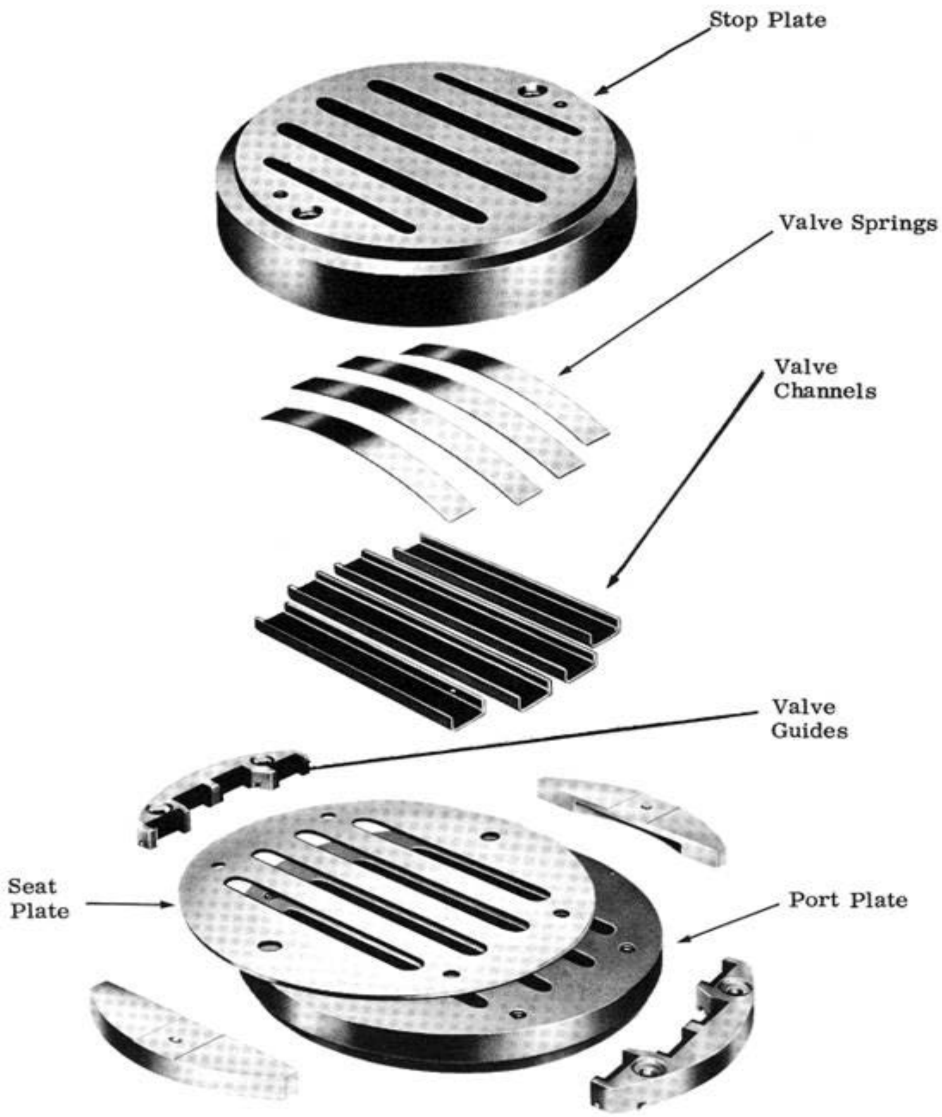


Figure 16: Plate Type Valve

2. Channel Type

Gambarannya ditunjukkan dalam gambar dibawah ini



:

Figure 17: Channel Type Valve

COMPRESSOR LUBRICATION

Minyak pelumas diperlukan dalam kompresor reciprocating untuk melakukan fungsi-fungsi berikut :

• Mencegah keausan dengan menyediakan sebuah film antara permukaan

• Mengurangi gesekan dan kehilangan daya yang dihasilkan dengan memberikan sebuah film antara permukaan

• Lepaskan panas yang dihasilkan oleh gesekan

• Mengurangi korosi dengan menyediakan lapisan untuk permukaan logam

• Memberikan penyegelan sekitar ring piston , baling-baling , dan katup

eksternal Pelumasan

Pelumasan eksternal adalah pelumas bagian yang bergerak yang bersifat eksternal ke silinder kompresor atau casing . Bagian ini termasuk bantalan crankshaft , menghubungkan batang bantalan dan judul bab pada kompresor reciprocating . Sebuah pompa digerakkan dari poros kompresor memberikan minyak ke poros engkol dan menghubungkan batang bantalan . Minyak dipompa dari crankcase untuk bearing dan kemudian mengalir kembali ke bak mesin .

Untuk kecil single- acting kompresor reciprocating , sistem pelumasan percikan digunakan . Minyak disiramkan , karena gerakan poros engkol , ke berbagai bantalan . Metode ini memberikan pelumasan internal pada saat yang sama seperti beberapa minyak disiramkan ke dinding silinder .

Pelumasan internal

Pelumasan internal memberikan minyak pelumas pada dinding silinder dan piston kompresor reciprocating .

Sebuah pelumas mekanik , yang digerakkan dari poros engkol atau judul bab , feed minyak pelumas langsung ke dinding silinder . Setiap silinder memiliki satu atau lebih titik ke mana minyak dipompa . Setelah minyak memasuki silinder melalui titik pakan ini, piston kompresor menyebar minyak di dinding silinder . Dalam kompresor -tunggal dengan bagian bawah silinder terbuka untuk crankcase , minyak memercik dari crankcase ke dinding silinder menyediakan pelumasan .

ROTARY COMPRESSORS

Semua kompresor rotary memiliki fitur berikut kesamaan .

• Mereka menyediakan energi untuk cairan yang dikompresi melalui poros input dari satu atau lebih elemen berputar atau rotor .

• Mereka berbeda dari kompresor reciprocating karena mereka tidak mempekerjakan inlet atau debit katup .

Kompresor rotary diklasifikasikan sebagai perpindahan positif . Beberapa desain yang berbeda sedang digunakan , yang paling umum adalah :

• baling-baling Sliding

• Rotary lobus

• Rotary screw

Sliding Vane Compressor

Sebuah kompresor baling-baling geser , ditunjukkan pada Gambar . 18 , terdiri dari rotor silinder yang datar , geser baling-baling masuk ke dalam slot radial . Rotor terkandung dalam silinder air berjaket atau casing . Hal ini didukung oleh bantalan sehingga eksentrik casing . Sebagai rotor berubah , baling-baling geser pindah ke dinding casing akibat gaya sentrifugal . Kantong gas yang terjebak antara baling-baling dan dinding . Karena eksentrisitas , kantung-kantung penurunan volume, sehingga menekan gas , seperti baling-baling bergerak di sekitar casing dari intake ke debit . Dengan cara ini , udara yang dikompresi .

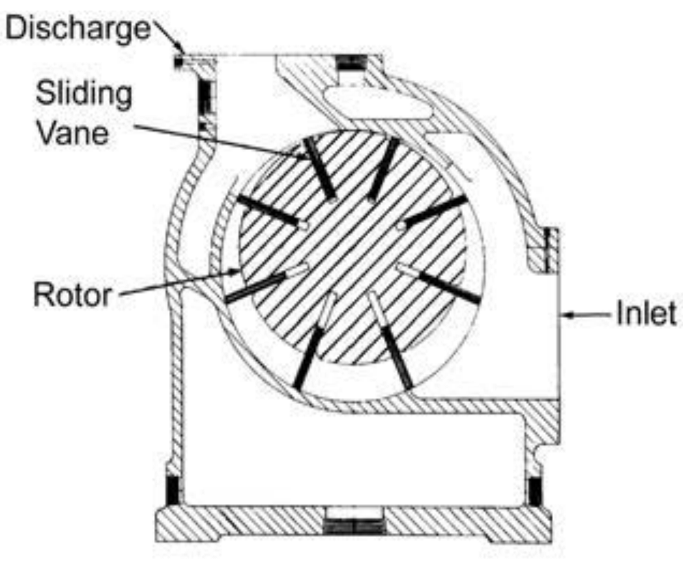


Figure 18: Sliding Vane Compressor, Sectional View

Gambar . 19 menunjukkan pandangan sisi geser kompresor baling-baling besar . Perhatikan air pendingin jaket sekitar casing dan

pasokan minyak pelumas untuk bantalan .

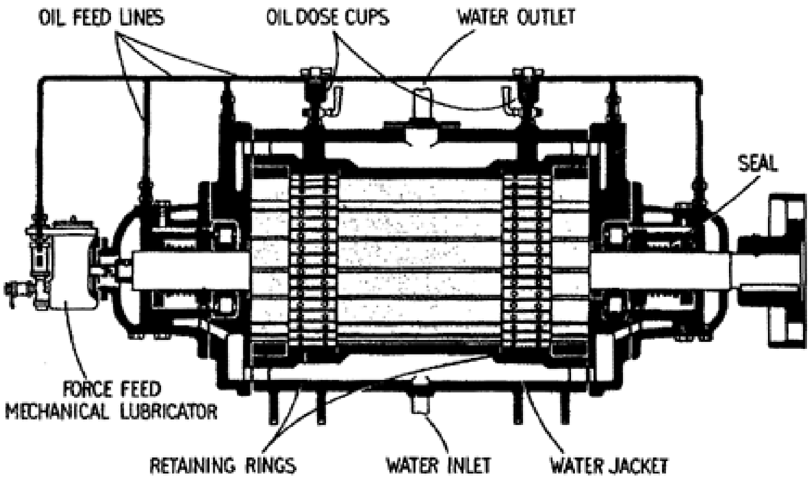


Figure 19: Side View Cutaway of Large Sliding Vane Compressor
Gambar 19 : Side View Cutaway Besar Sliding Vane Compressor

Sliding kompresor baling-baling sering disusun dalam dua tahap . Gas pertama dikompresi dalam casing tekanan rendah , yang dibuang melalui shell and tube intercooler ke casing tekanan tinggi . Kedua casing memiliki elemen sekrup terpisah dan poros dihubungkan dengan kopling fleksibel , sehingga mereka berbagi motor penggerak umum .

Kompresor rotary beroperasi pada kecepatan hingga 3000 r / min . Tekanan Discharge mungkin setinggi 1000 kPa .

Rotary Lobe Compressor

Sebuah kompresor rotary lobe , ditunjukkan pada Gambar . 20 , memiliki dua rotor , dengan angka delapan cross-section , bergulir ke arah yang berlawanan dalam casing . Mereka memutar dalam arah yang berlawanan dan selalu intermesh sehingga tidak ada aliran udara dapat terjadi di antara mereka . Timing gigi digunakan untuk mempertahankan posisi rotor relatif terhadap satu sama lain . Satu rotor digerakkan langsung oleh pengemudi dan yang lain didorong melalui roda gigi timing . Karena setiap lobus menyapu melewati inlet , kantong udara yang terperangkap antara

lobus dan dinding casing . Hal ini kemudian dibawa berkeliling ke debit di sisi berlawanan dari casing .

Casing pelumasan tidak diperlukan , karena rotor tidak menyentuh satu sama lain atau casing . Kompresor rotary lobe beroperasi pada kecepatan hingga sekitar tahun 1750 r / min . Tekanan Discharge relatif rendah , sekitar 100 kPa untuk single - stage , dan 200 kPa untuk dua tahap .

Kompresor lobus memiliki keuntungan menjadi kompak . Mereka tidak memerlukan inlet atau katup pembuangan dan menghasilkan bahkan aliran udara bebas minyak .

.

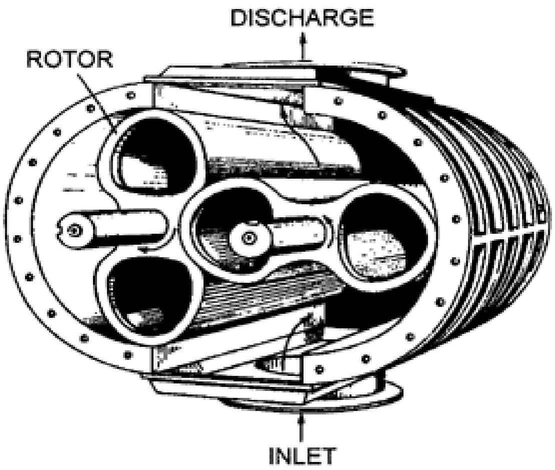


Figure 20: Rotary Lobe Compressor

Rotary Screw Compressor

Sebuah kompresor sekrup rotary terdiri dari dua rotor intermeshing , mesin dalam bentuk sekrup aksial dan tertutup dalam casing pas . Rotor laki-laki memiliki empat lobus cembung dan rotor perempuan memiliki enam seruling cekung . Rotor tidak datang dalam kontak dengan satu sama lain atau dengan casing , sehingga pelumasan internal yang tidak diperlukan . Rotor laki-laki biasanya adalah yang didorong dan , pada gilirannya , mendorong rotor perempuan dengan cara waktu gigi .

Gambar . 21 menunjukkan prinsip operasi . Rotor laki-laki memiliki empat lobus cembung dan perempuan memiliki enam seruling cekung . Kedua rotor perangkap dan lancar memampatkan udara sampai lolos outlet debit . Kompresi terus menerus terjadi dan pengiriman bebas pulsa terjamin dengan memiliki ruang lobus - flute lain mencapai outlet sebelum ruang sebelumnya telah benar-benar dikosongkan . Rotor laki-laki , menjadi lebih kecil , ternyata lebih cepat dari betina . Power biasanya diterapkan pada rotor laki-laki , perempuan melayani terutama sebagai media penyegelan rotary .

Mengacu pada Gambar . 21 , udara ditarik melalui kompresor inlet ke dalam ruang antar - lobus , seperti yang ditunjukkan dalam (a) . Rotasi lanjut segel ruang off dari inlet (b) . Sebagai hasil rotasi , lobus laki-laki menempati lebih banyak ruang di seruling perempuan sehingga mengompresi udara (c) . Rotasi terus membawa udara tekan ke port outlet (d) , yang ditunjukkan oleh garis putus-putus .

Keuntungan dari kompresor sekrup rotary mirip dengan jenis rotary lobe . Mereka termasuk kekompakan , operasi getaran bebas , kelancaran arus , udara bebas minyak , dan tidak ada hisap atau debit katup yang diperlukan . Namun, seperti jenis berputar lain , efisiensi adalah kurang dari jenis reciprocating .

Kompresor sekrup rotary cocok untuk kebutuhan udara terkompresi melibatkan kapasitas besar udara pada tekanan rendah atau kapasitas kecil , pada tekanan tinggi . Mereka tersedia untuk tekanan debit hingga 700 kPa , untuk mesin single- stage . Mesin multi - tahap memberikan tekanan discharge yang lebih tinggi . Kompresor sekrup rotary dapat menghasilkan hingga 700 m3/min . Kecepatan operasi bervariasi 1500-12 000 r / min .

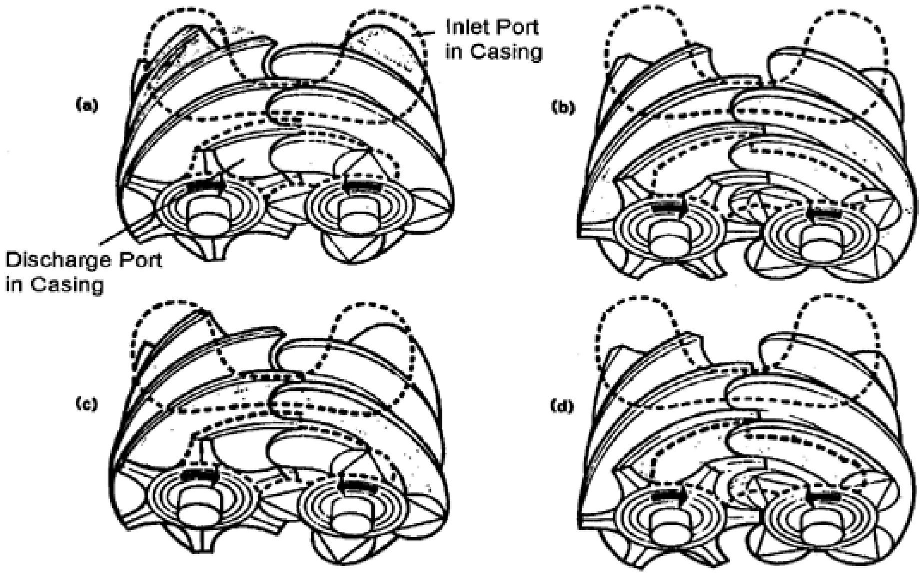


Figure 21: Principle of Operation of Rotary Screw Compressor

COMPONENTS

Skid yang dikemas dipasang kompresor sekrup industri , ditunjukkan pada Gambar . 22 , diproduksi oleh Sullair Corporation. Hal ini terdiri dari komponen-komponen berikut :

- Driver Compressor
- Filter asupan Air
- Kontrol katup inlet Air kupu-kupu
- katup Spiral
- kompresor udara
- Pemisah Air / cairan
- Cairan pendingin / udara setelah dingin
- pemisah Moisture
- pemisah air / minyak

• Prefilters

• Pengering Udara

• Setelah filter

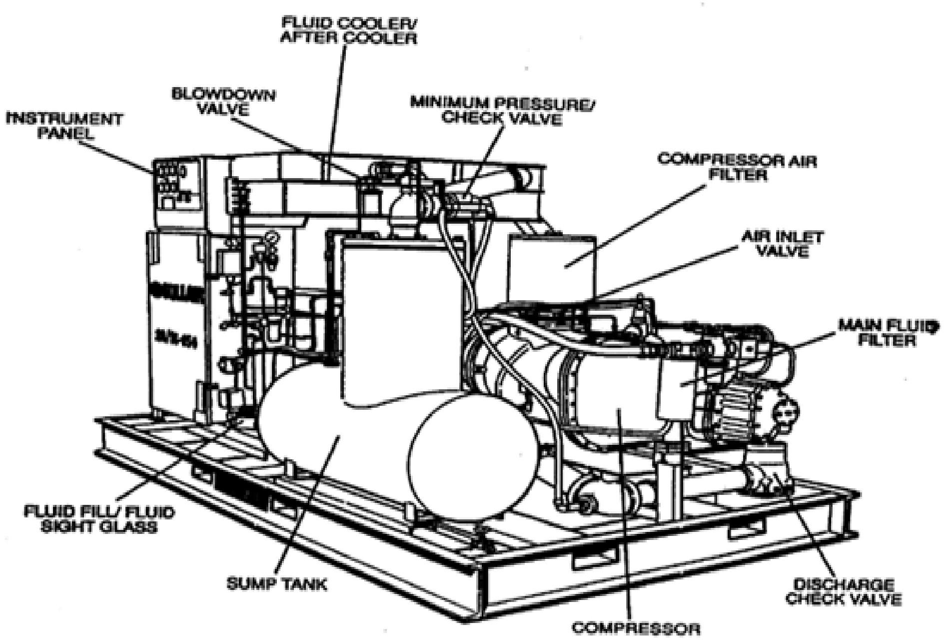


Figure 22: Packaged Industrial Screw Compressor
Gambar 22 : Dikemas Industri Screw Compressor

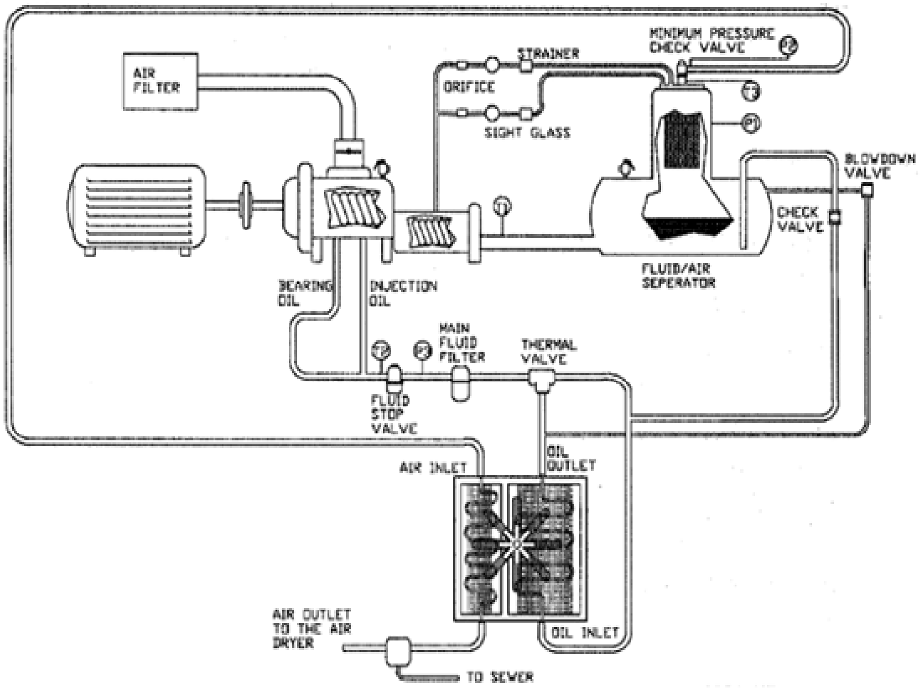


Figure 23: Basic Compressor Flows

Gambar . 23 menunjukkan arus kompresor dasar .

Gambar 23 : Arus Compressor Basic

kompresor Driver

Pengemudi biasanya terdiri dari motor listrik , tetapi bisa menjadi mesin diesel atau turbin uap .

Intake Air Filter

Asupan air filter diperlukan untuk mencegah debu dan kotoran mengkontaminasi cairan pelumas kompresor . Asupan udara Filter adalah tugas berat dua tahap , tipe kering .

Air Inlet Butterfly Valve Kontrol

The inlet udara katup kupu-kupu merupakan bagian dari sistem kontrol kapasitas variabel untuk kompresor . The Sullicon sistem kontrol mengatur jumlah udara ke unit kompresor sesuai dengan permintaan layanan udara

spiral Valve

The spiral valve digunakan untuk membuka dan menutup by-pass port di stator , yang pada gilirannya , bervariasi volume udara terkompresi yang dihasilkan . Tindakan ini mengembalikan udara ke suction daripada mengompresi itu .

Air Compressor

Sullair Tandem Kompresor Udara fitur tahap dua , perpindahan positif , cairan pelumas jenis kompresor . Unit ini menyediakan pulsa kompresi udara bebas terus menerus pada tekanan output maksimum 793 kPa . Satu-satunya bagian yang bergerak utama adalah dua profil lobus rotor di setiap tahap . Tandem kompresor mencapai efisiensi yang tinggi dengan menggunakan dua set rotor untuk tahap kompresi . Rotor berubah dalam banjir cairan pelumas yang memungkinkan kontak hanya pada garis lapangan dilumasi , jadi memakai hampir dihilangkan .

Air / Cairan Separator

Seperti udara atmosfir ditarik ke kompresor , cairan berbasis silikon disuntikkan ke dalam rongga rotor . Dalam banjir kompresor sekrup rotary , cairan yang diperlukan untuk melumasi , segel kelonggaran rotor , dan untuk menghilangkan panas kompresi . Cairan tertahan ini kemudian dihapus dari udara di pemisah cairan air / udara .

Fluid Cooler / Air Cooler

Sistem ini terdiri dari pendingin tipe radiator disertai dengan kipas bertenaga listrik untuk pendinginan . Jenis radiator pendingin dibagi dalam dua bagian . Cairan kompresor beredar dan didinginkan dalam satu setengah dari pendingin . Habis kompresi udara didinginkan di setengah lainnya . Kipas pendingin udara bergerak udara di kedua bagian , pada saat yang sama . Pendingin ini diperlukan untuk menghilangkan panas kompresi baik dari udara dan cairan kompresor .

Moisture Separator

Udara tekan meninggalkan pendingin udara masuk ke dalam pemisah kelembaban . Setiap kelembaban entrained dihapus melalui gaya sentrifugal akibat perubahan jalur udara . Kondensat pulih arus ke pemisah air / minyak dan udara tekan ke prefilters . Pemisah kelembaban akan menghapus sebagian besar dari kadar air dalam udara terkompresi dan mengambil beban off prefilters .

Air / Oil Separator

Pemisah air / minyak terbuat dari polietilena dengan kapasitas 144 liter holding . Sebuah tembus 5 liter kapasitas waduk minyak juga disertakan . Masukan untuk pemisah berasal dari pemisah kelembaban dan dua saluran prefilter . Minyak dikumpulkan dalam reservoir 5 liter dan air bersih dibuang ke saluran pembuangan . Corong minyak disesuaikan dirancang khusus untuk memungkinkan minyak yang akan terus skim dari permukaan .

Prefilters

Dua prefilters , dalam seri , yang terletak pada inlet udara pengering . Kedua filter ini adalah tipe penggabungan . Penggabungan , menurut definisi , berarti untuk datang bersama-sama dan membentuk satu massa . Minyak dan air aerosol halus , tertahan di udara terkompresi , mengumpulkan dalam media microfibre filter dari elemen filter . Mereka menggumpal (menyatu) untuk membentuk tetes terus meningkatkan ukuran , yang jatuh di dalam mangkuk saringan untuk kemudian terkuras habis .

Filter pertama adalah filter oli penggabungan dan akan menghilangkan partikel turun ke 1 mikron termasuk air cair tertahan dan minyak , menyediakan konten yang tersisa aerosol minyak maksimum 0,5 ppm pada 21 º C.

Filter kedua adalah efisiensi penggabungan filter oli yang tinggi dan akan menghilangkan partikel turun ke 0,01 mikron termasuk air dan minyak aerosol , memberikan sisa konten aerosol minyak maksimum 0,01 ppm pada 21 º C.

Kondensat katup pembuangan Elektronik membuang setiap cairan yang dikumpulkan dari kedua prefilters ke pemisah air / minyak .

Air Dryer

Majelis ini terdiri dari pengering udara , titik embun analyzer dan listrik yang terkait dan kontrol pneumatik . Pengering adalah sebuah konstruksi babar dan diisi dengan kinerja tinggi zeolit molecular sieve pengering .

Kompresi udara masuk mesin pengering dan diarahkan oleh katup inlet ke salah satu kamar di manifold lebih rendah . Dari manifold lebih rendah , udara melewati satu sisi kolom dan dikeringkan melalui kontak dengan bahan pengering yang terkandung dalam kolom . Udara kering kemudian memasuki manifold atas dan diarahkan melalui check valve , melalui perumahan stopkontak ke dalam setelah filter. AfterFilter akan menghilangkan partikel debu harus pengering memecah . Kering , udara bersih melewati sekarang untuk penerima udara dan sistem distribusi .

CONTROL PANEL

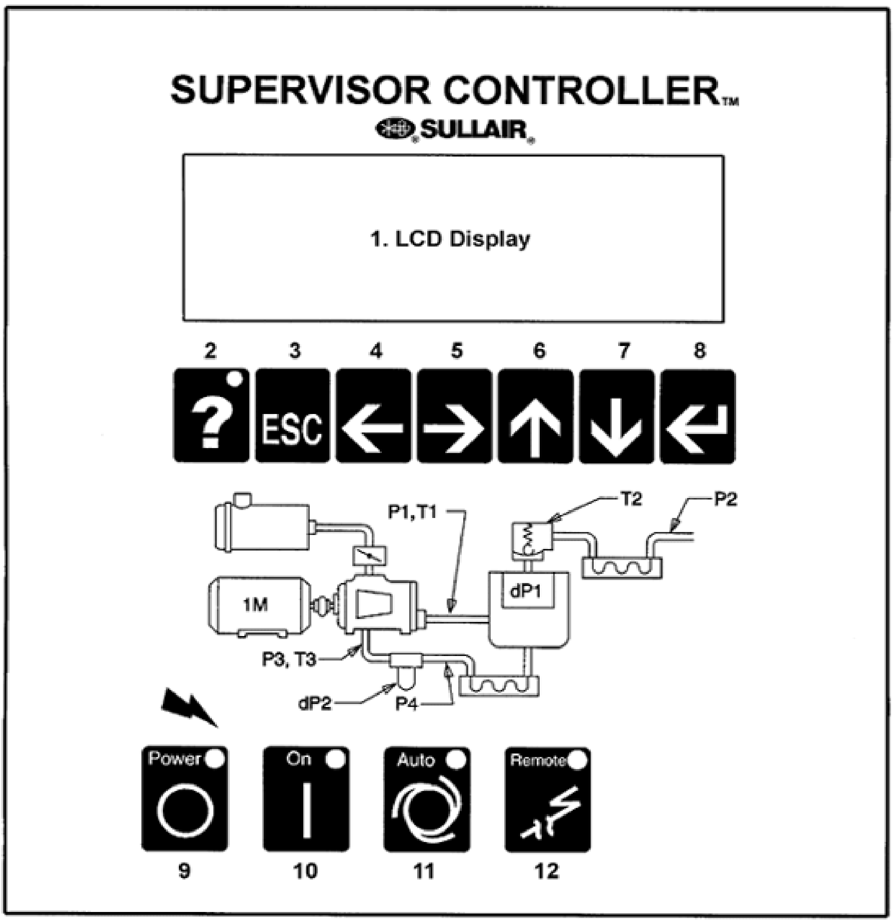


Figure 24: Rotary Screw Air Compressor Control Panel

Berikut ini adalah gambaran dari gambar diatas :

1. Liquid crystal display readout	7. Used to change numbers or text,
2. Help key, used to display possible or scroll causes and correction for an alarm or fault	8. Used to select an item from a menu
3. Return to main display and warnings if machine is stopped	9. Stops machine. Clears faults
4. Used to edit text or numbers, moves cursor left if machine is running	10. Starts machine. Clears warnings
5. Used to edit text or numbers,moves cursor right	11. Toggles auto mode
6. Used to change numbers or text, or scroll	12. Toggles local/remote mode

Referring to Fig. 24, the points identified on the basic compressor unit flow, are:

1M – Drive motor windings temperature.	dP1 – Air/fluid separator differential pressure
P1 – Compressor discharge pressure	P3 – Fluid injection pressure
T1 - Compressor discharge temperature	T3 – Fluid injection temperature
P2 – Unit discharge pressure	dP2 – Fluid filter differential pressure

T2 – Unit discharge temperature

P4 – Fluid filter inlet pressure

BAB XII
UTILITAS

12.1 Latar belakang .

Unit pengolahan air bersih adalah unit yang mengolaha air baku menjadi air bersih yang memenuhi persyaratan pemerintah yang dituangakan dalam pemerintah No. 416/MEN KES/ 1997 Air dalam bentuknya H_2O tidak akan pernah lagi didapat di ala mini. Sedangkan air hujan yang merupakan sumber utama dari air tanah sudah tercemar oleh gas – gas seperti amoniak (NH_3) , karbon dioksida (CO_2) dan garam garam anorganik. Selanjutnya air hujan dalam perjalananya menuju air peermukaan maupun air tanah akan mengalami berbagai pencemaran yang dilakukan secara alami membawa senyawa kimia dan berbagai partikel zat padat. Partikel –partikel zat padat yang terlarut di dalam air akan menimbulkan masalah dalam proses pengolahanya.

Proses pengolahan air dimaksudkan adalah suatu usaha untuk mengurangi konsentrasi kadar pencemaran yang ada didalam air baku sehingga air bersih aman untuk dikonsumsi. Proses pengolahan pada hakekatnya dilaksanakan berdasarkan sifat – sifat perubahan kualitas yang berlangsung secara fisika ,kimia dan biologi oleh karena itu mekanisme proses tersebut sangat dipengaruhi oleh tingkat pencemaran air baku . untuk air baku yang mengandung partikel – partikel zat padat yang mempunyai diameter partikel lebih besar dari 1 (μ) mikron dapat dipisahkan dengan cara pengendapan dan diikuti dengan proses filtrasi sedang bagi diameter partikel yang lebih kecil dari 1mikron akan sulit diendapakan karena kondisinya yang sangat stabil dan kecepatan pengendapanya yang sangat lambat , partikel – partikel ini yang disebut dengan koloid .. Untuk menjaga kelestarian lingkungan sebelum limbah tersebut di buang ke badan air maka dibuatlah suatu unit pengolahan air limbah sehingga diharapkan limbah cair yang dibuang kebadan air dapat

memenuhi baku mutu limbah cair yang diteteapkan oleh pemerintah. Perlu diketahui bahwa pencemaran didunia ini sudah demikian parahnya halini disebabkan oleh beban pencemaran yang sangat besar . Proses penurunan kadar pencemar oleh alam disebut dengan proses Natural Purification yaitu suatu proses perombaan zat organik terlarut di dalamnya secara alamiahdan ini akan berjalan degan baiak bila daya dukung lingkungan untuk menyerap limbah yang diterima tidak terlalau besar .

Berbagai jenis pencemaran yang dikeluarkan oleh suatu kegiatan industri adalah sangat beragam baik pencemar yang mudah didigradasi maupun pencemar yang sulit didigradasi

Berawal dari hal tersebut diatas maka perlu pemberian pengetahuan tentang teknik pengolahan air limbah indutri . sehingga diharapkan nantinya dapat mengurangi beban pencemaran dan mejaga kelestarian alam

12.2 Diskripsi Singkat

Mata pendidikan ini membahas tentang pencemaran , prinsipdasar pengolahan limbah cair berminyak , unit proses pengolahan limbah cair berminyak dan instalasi pengolahan limbah cair berminyak

12.3 Tujuan Pembelajaran Umum. (TPU)

Setelah mengikuti pembelajaran ini peserta diharapkan dapat memahami proses pengolahan limbah cair berminyak

12.4 Tujuan Pembelajaran Khusus

Setelah mengikuti pembeljaran ini peserta mampu :

1. Mengindentifikasi limbah cair berminyak
2. Menjelaskan prinsip dasar pengolahan limbah cair berminyak
3. Menjjelaskan unit proses pengolahan limbah cair berminyak .
4. Menjelaskan prinsip kerja alat perangkap minyak.
5. Menjelaskan instalasi pengolahan limbah caiar berminyak .

12.5 Pokok Bahasan

1. Pencemaran dan berbagai efec terhadap organisme yang hidup di dalam air
2. Prinsip – prinsip dasar pengolahan limbah cair
3. Alat perangkap minyak
4. Instalasi pengolahan limbah cair berminyak.

BAB XIII
AIR BERSIH

Yang dimasud dengan air bersih adalah air yang telah memenuhi persyaratan ketentuan yang telah ditetapkan oleh pemerintah No. 416/MEN KES/ 1997 air bersih ini digunakan sehari – hari untuk keperluan mandi dan cuci . Selanjutnhnya air ini akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasanya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum sehingga apabila dikonsumsi tidakmenimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permen kes No. 416 /Men Kes/ PER/IX/1990) persyaratan dari segi kualitas air tersebut meliputi kulitas fisik, kimia, biologi dan raiologi .

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memnuhi persyaratan kesehatan dan dapat langsung diminum (Kep Men Kes RI No. 907 /Menkes /SK /VII/2002.) kualitas air yang tersedia harus mampu mencukupi kebutuhan konsumen secara kontinuitas , dan kulaitas air yang digunakan sebagai air minum sebaiknya memenuhi persyaratan secara fisik , kimiawi, biologi, dan radiologi.

13.1 Air Baku

Air baku adalah air yang akan digunakan segai bahan baku / sumber dalam sistem penyediaan air bersih. Sumber air yang digunakan harus memenuhi persyartan kuantitas dan kontinuitasnya sehingga proses penyediaan dan pengolahan air dapat berlangsung terus menerus memenuhi kebutuhan konsumen . Dalam UU.No. 82 tahun 2001 air diklasifikasikan menurt mutunya kedalam empat kelas yaitu:

a. Kelas 1

Air yang peruntukanya dapt diunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

b. Kelas 2

Air yang peruntukanya dapat digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan , air untuk mengairi pertamanan , dan atau peruntukan yang lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut .

c. Kelas 3

Air yang peruntukanya dapat digunakan untk membudi dayakan ikan air tawar . perternakan , air untuk mengiri pertamanan dn atau peruntukan lain yang mempersyartkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

d. Kelas 4.

Air yang peruntukanya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan utu air yang sama dengan kegunaan tersebut

13.2. Sumber Air Baku Utama.

Beberapa sunber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih dikelompokan sebagai berikut :

a. Air hujan

Air hujan disebut juga dengan air angkasa . beberapa sifat kualitas air hujan adalah sebagai berikut :

- Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat minral
- Air hujan pada umunya bersifat lebih bersih.
- Dapat bersifat korosif karena mengandung zat - zat yang terdapat diudara seperti NH_3, CO_2 agresif ataupun SO_2 adanya konsentrasi SO_2yang tinggi di udara yang bercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam (Acid Rain)

Dari segi kuantitas air hujan tergantung besar kecilnya curah hujan sehingga air hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya floktuasi . Begitu pula bila dilihat dari segi kotinuitas nya air hujan tidak bisa diambil secara terus menurus karena tergantung kepada musim.



b. Air permukaan

Air permukaan yang biasa dipergunakan sebagai sumber atau bahan baku airbersih adalah

a. Air waduk (berasal dari air hujan)
b. Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air)
c. Air danau (berasal dari air hujan air sungai dan mata air)

selama air mengalir dan nerpengaruh terhadap kesehatan sehingga perlu pengolahan t erlebih dahulu sebelum dikonsumsi oleh masyarakat

.kontaminan atau zat – zat pencemar ini berasal dari air buangan domestik, buangan industry, dan limbah pertanian . zat –zat pencemar tersebut antara lain Total suspended solid (TSS) yang berpengaruh pada kekeruhan ,Zat organic terlarut aebagai $KMNO_4$, logamberat dari air limbah industry.

Kontinuitas dan kuatitas dari air permukaan dapat dianggap tidak menimbulkan masalah yang besar untuk penyediaan air bersih yang menggunakan bahan baku air permukaan.

c. Air tanah

Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air mengalir melalui lapisan tanah . secara praktis air tanah adalah bebas dari polutan Karena keberadaanya ada dibwah permukaan tanah. Tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa iar air tanah tercemari oleh zat –zat yang mengganggu kesehatan seperti kandungan Fe, Mn kesadahan yang terbawa oleh aliran air permukaan tanah. Bila ditinjau dari kedalaman air tanah maka air tanah dibedakan menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal mempunyai kualitas lebih rendah disbanding air tanah dalam Halini disebabkan air tanah dangkal mudah mendapat kontaminasi dari luar dan fungsi penyaring lebih sedikit.

Dari segi kuantitas apabila air tanah dipakai sebagai sumber air baku air bersih adalah relative cukup . tetapi bila dilihat dari segi kuantitasnya maka pengambilan air tanah harus dibatasi karena dikawatirkan dengan pengambilan yang secara berlebihan akan menyebabkan penurunan muka air tanah .

d. Mata air

Dari segi kualitas mata air adalahlah sangat baik bila dipakai sebagai air baku karena berasal dari dalam tanahyang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan sehingga belum terkontaminasi oleh zat –zat pencemar . Biasnya lokasi mata air merupakan daerah terbuka , sehingga terkontaminasi oleh lingkungan sekitar.

Dilihat darri segi kuanti segi kuantitasnyitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat tera, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbataas sehingga hanya mampu memenuhi kebuts sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentuhan sejumlah penduduk tertentu (Sidharu (Sidharta SK et al 1997)

13.3 Persyartan Sistem Penyediaan Air Minum

Kualitas air harus memenuhi persyartan tertentu agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Dalam sistem pengolahan air kualitas air baku maupun air produksi dapat menen tukan jenis pengolahan air yang akan di gunakan. Persyaratan kualitas pengolohan akan berbeda beda disesuaikan dengan keperluan berdasarkan tahapan pengolahanya . misalnya persyaratan air minum dapat berbeda dengan air industry

Secara umum ada beberapa persyartan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air antara lain :

1. Persyartan kualitatif
2. Persyartan kuantitatif
3. Persyaratan kontinuitas

Persyartan kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas air baku yang dipakai untuk memproduksi air bersih, persyaratan ini meliputi persyaratan

fisika , kimia. Biologis dan radiologi. Syarat – syarat itu dpat dilihat berdasarkan keputusan menteri kesehaan RI No. 907 MeN Kes RI/ SI/ SK/VII/2002 tentang syarat – syrata dan pengawas kualitas air minum

a. Syarat – syarat fisik

Secara fisik air minum harus jernih tidak berwarna tidak berbau dan tidak berasa (tawar) warna dipersyaratkan dalam air minum untuk masyarakat. Karena pertimabangan estetika ada 2 macam warna pada air yaitu appearent colour dan tru colour . Apearent colour ditimbulakan karena adanya benda benda tarsuspensi dari bahan organic . True colour adalah warna yang ditimbulkan oleh zat –zat bukan zat organic

Rasa seperti asin, manis, pahit, dan asam tidak boleh terdapat dalam air minum . bau yang terdapat dalam air minum adalah bau busuk, dan amis dn amis dan sebagaainya . bau dan rasa biasanya berada dalam air minum terdapat secara bersama –sama .

Syarat lain yang harus dipenuhi secara fisika adalah suhu air . suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara ambient atau kurang lebih 25 ^{0}Cdan bila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan 25 ^{0}C $\pm$ 3 ^{0}C

b. Syarat – syarat kimia

Air minum dan air industry tidak boleh mengandung bahan bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Bahan kimia yang dimaksud terssebut adalahbahan kimia yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan manusia dan bahan kimia yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen .Beberapa persyaratan kimia tersebut antara lain:

- Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) penting bagi air minum karena mempengaruhi proses korosi pada sistem perpipaan khususnya pH < 6,5 dan >8,5 akan mempercepat terjadinya reaksi korsipada sistem perpipaan

distributor air minum selain itu nilai pH yang terlalu rendah menyebabakan mikro organisme pantogen semakin berkembang hal ini sangat membahayakan bagi kesehatan manusia (untuk air industry berada pada rentang 7,5 – 8,2) tidak terlalu asam dan tidak terlalu basa . Bila pH air terlalu asam akam menybabkan korosi pada sistem perpipaan dan apabila terlalu basa akan menyebabkan kerak pada sistem perpipaan distribusi , yang berarti akan menyebabkan gangguan yang lain .

- Zat padat total (Total solid)

  Total solid merupakan parameter yang penting dalam air minum yaitu merupakan endapan (residu) yang tertinggal pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103 -105^{0}C

- Zat organic sebagai $KMnO_4$

  Zat organic dalam air berasal dari alam (tumbuh tumbuhan ,alcohol, sellulose, gula,dan pati) sintesa (proses proses produksi) dan fermentasi zat organic yang berlebihan dalam air akan akan mengakibatkan timbulnya bau yang kurang sedap .

- CO_2 agresif

  CO_2 yang terdapat dalam air berasal dari udara dan dari hasil dekomposisi zat organic . yang dimaksud CO_2agresif adalah CO_2 yang dapat merusak sistem perpipaan d

  Istribusi air minum.

- Kesadahan total (total hardness)

  Kesadahan total adalah sifat dari air yang disebabkan oleh adanya ion – ion logam valensi dua misalnya Ca2+ ,Fe2+Mg2+. Dan Mn2+, kesadahan total adalah kesadahan yang disebakan oleh ion –ion Ca dan Mg secara bersama –sama . air sadah menyebabkan pemborosan pemakaian sabun pencuci dan mempunyai titik didih yang lebih tinggi dari air biasa.

- Besi dan Mangan

  Zat – zat lain yang selalu ada didalam air adalah besi dan mangan . Besi dan mangan merupakan logam yang menghambat prose desinfeksi . Hal ini disebabkan karena adanya daya pengikat khlor (DPC) selain digunakan untuk mengikat zat organic juga digunakan untuk mengikat besi dan mangan sehingga sisa khlor menjadi lebih sedikit dan hal ini memerlukan desinfektan akan lebih banyak . selain itu dari mangan menyebabkan warna air menjadi keruh

- Tembaga (Cu)

  Tembaga (Cu) pada kadar leih bear kadar lebih besar dari 1mg/l menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan menyebabkan kerusakan pada hati

- Zeng (Zn)

  Kelebihan kadar zeng (Zn) > 3 mg//l dalam air minum menyebabkan air minum terasa pahit.

- Clhlorida (Cl)

  Kadar klor yang melebihi 250 mg/l menyebabkan korosif pada logam.

- Nitrit

  Nitirit dalam air minum dapat menyebabkan methamoglobenimia terutama pada bayi yang mendapatkan konsumsi air minum yang mengandung nitrit

- Flourida (F)

  Flourida < 2 mg/l menyebabkan kerusakan pada gigi dan sebaliknya bila kadar flourida terlalu tinggi akan menyebabkan karang berwarna coklat pada gigi.

- Logam logam berat (Pb,As,Sn, Cd, Hg, CN)

Adanya logam logam berat dalam air inum akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan , metaboisme oksigen, dan kanker.

c. Syarat bakteriologis atau mikrobiolog

Air minum tidk boleh mengndung bakteri atau kuman kuman pantogen dan parasitic seperti typus, kolera, dan gastroensenteritis. Untuk mengetahui adanya bakteri pantogen dapat dilakukan dengan menggunakan pengamatan terhadap ada tidanya bakteri E. Coli yang merupakan indicator bakteri pencemar air.

d. Syarat – syarat radiologis

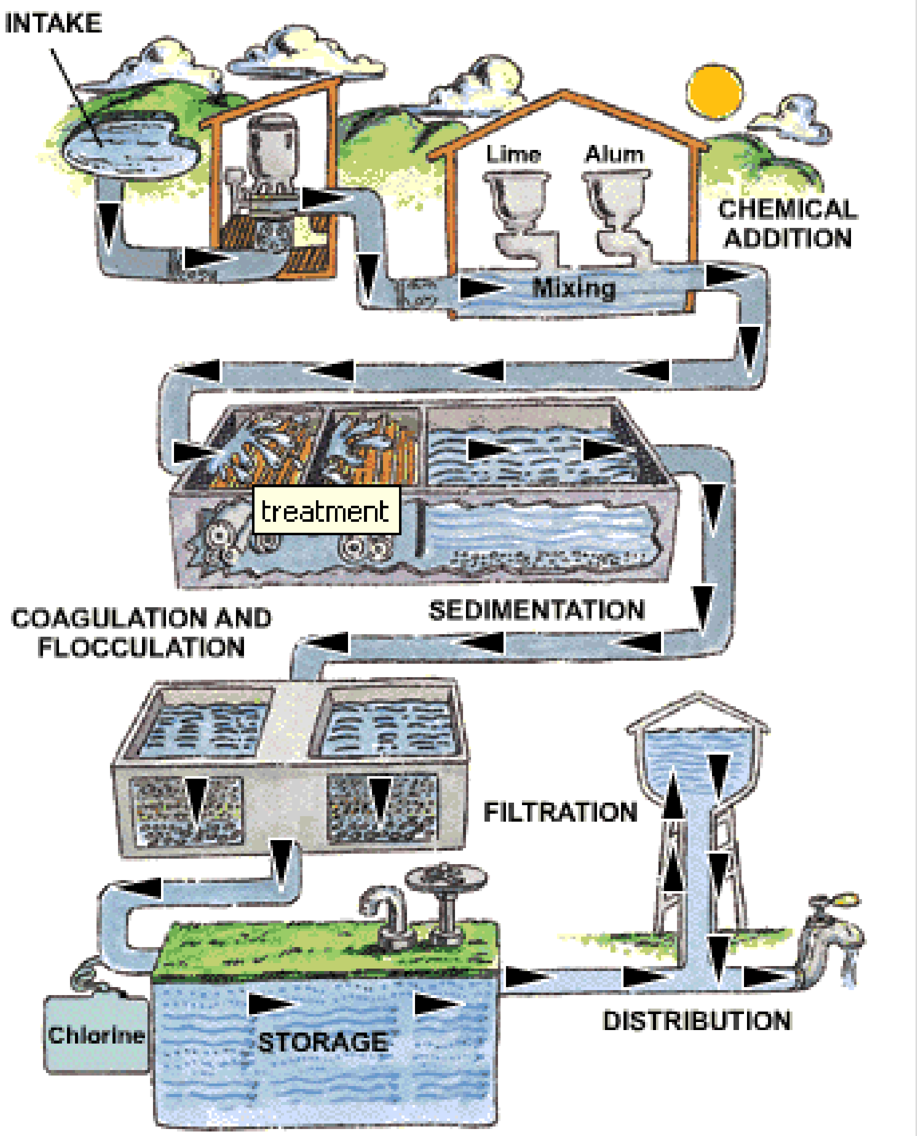
Air minum tidk boeh mengandung zat yang menghasilkan bahan bahan yang mengandung radio aktif. Seperti sinar alfa, beta,dan gama.

Persyaratan Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai jumlah penduduk yang akan dilayani . selain itu jumlah air yang dibutuhkan sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial masyarakat setempat.

Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas untuk penyediaan air bersih sangat erat hubunganya dengan kuantitas disini bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi yang tetap baik pada musim kemarau maupun musim penghujan (sidarta S,K et, al ,1997)



Proses Pengolahan Air Bersih

BAB XIV
PROSES PENGOLAHAN AIR

Air dalam bentuknya H_2O tidak akan pernah lagi didapat di ala mini. Sedangkan air hujan yang merupakan sumber utama dari air tanah sudah tercemar oleh gas – gas seperti amoniak (NH_3) , karbon dioksida (CO_2) dan garam garam anorganik. Selanjutnya air hujan dalam perjalananya menuju air peermukaan maupun air tanah akan mengalami berbagai pencemaran yang dilakukan secara alami membawa senyawa kimia dan berbagai partikel zat padat. Partikel –partikel zat padat yang etrlarut di dalam air akan menimbulkan masalah dalam proses pengolahanya.

Proses pengolahan air dimaksudkan adalah suatu usaha untuk mengurangi konsentrasi kadar pencemaran yang ada didalam air baku sehingga air bersih aman untuk dikonsumsi. Proses pengolahan pada hakekatnya dilaksanakan berdasarkan sifat – sifat perubahan kualitas yang berlangsung secara fisika ,kimia dan biologi oleh karena itu mekanisme proses tersebut sangat dipengaruhi oleh tingkat pencemaran air baku . untuk air baku yang mengandung partikel – partikel zat padat yang mempunyai diameter partikel lebih besar dari 1 (μ) mikron dapat dipisahkan dengan cara pengendapan dan diikuti dengan proses filtrasi sedang bagi diameter partikel yang lebih kecil dari 1mikron akan sulit diendapakan karena kondisinya yang sangat stabil dan kecepatan pengendapanya yang sangat lambat , partikel – partikel ini yang disebut dengan koloid . Salah satu sifat yang penting dari koloid ini adalah φ (zeta) potensialatau potensial listrik statis sebagai gambaran zeta potensial ini bisa dijelaskan sebagai berikut. Bila duabuah partikel saling berdekatan maka ion postip akan berda disamping ion negatip semakin dekat jarak partikel maka semakin besar gaya tolak menolak akibat kelebihan muatan ion negatip . gaya tolak menolak ini berkembang seperti

partikel menutup partikel yang lain. Gaya tolak menolak ini tumbuh sebagai mana partikel tidak dapat berhubungan dan dapat dikendalikan dari yang lain oleh karena itu proses pertumbuhan partikel dapat dicegah dan partikel koloid dalam bentuk aslinya .

Sedangkan yang dimaksud dengan zeta potensial adalah ion yang dapat bergerak bebas Karen itu ion ini mempunyai gaya tolak menolak yang tinggi sebagai akibatnya partikel koloid mempunyai stabilitas yang tinggi i akibatnya partikel koloid mempunyai stabilitas yang tinggi . Zeta potensial ini dipengaruhi oleh jumlah ion yang dapat bergerak bebas , makin banyak ion yang bergerak bebas maka zeta potensialnya akan makin tinggi atau dengan kata lain zeta potensial adalah derajat yang tinggi bagi partikel koloid

Bila Zet potensial ini diturun kan maka kestabilan koloid ini juga akan turun . prinsip ini yang digunakan dalam proses koagulasi . zeta potensial dapat diturunkan dengan penambahan elektrolit dan ini akan efektip bila partikel – partikel koloid yang mempunyai muatan barlawanan atau dengan kata lain partikel koloid yang bermuatan positip akan efektip bila diberikan ion negatip sedang partikel – partikel koloid yang bermuatan negatip akan efektip bila diberikan ion postip.

14.1 Screening

Untuk menghindari adanya benda –benda kasar yang etrbawa oleh aliran air baku baik penyaring yang diletakan didepan saluran isap pompa . Macam – macam bentuk saringan diantaranya :

a Perforated Screen

Peralatan ini merupakan pipa yang diberi lubang kecil kecil yang memungkinkan air mengalir melaluinya sedang benda kasar lainya akan terjebak diluar saluran , yang berarti pada saat tertentu saringan harus dibersihkan dari kotoran yang menempel dipermukaanya .

b. Bar Screen

Peralatan ini merupakan kasa yang terbuat dari jeruji besi atau baja yang dipasang sejajar mmbentuk kerangka yang kuat , kasa dipasng melintang pada saluran penyadapa pada saluran penyadapan membentuk sudut 30^0 samapai 45^0ter datar saluran . peralatan ini berfungsi sebagai alat penyaring benda benda kasar yang terbawa oleh aliran air baku misalnya ranting , daun , batang kayu, plastic , kasa biasanya dalam bentuk fixed atau movable racks

Kehilangan tekanan pada batang dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$Hf = \beta \left(\frac{W}{d} \right)^{\frac{4}{3}} x\, hv\, x \sin\theta$$

Dimana :

Hf = kehilangan tekanan pada kisi – kisi (meter)

β = factor bentuk batang (factor kirschmer)

d = jarak bukaan antar batang (meter)

W = lebar atau diameter batang (meter)

hv = velocity head

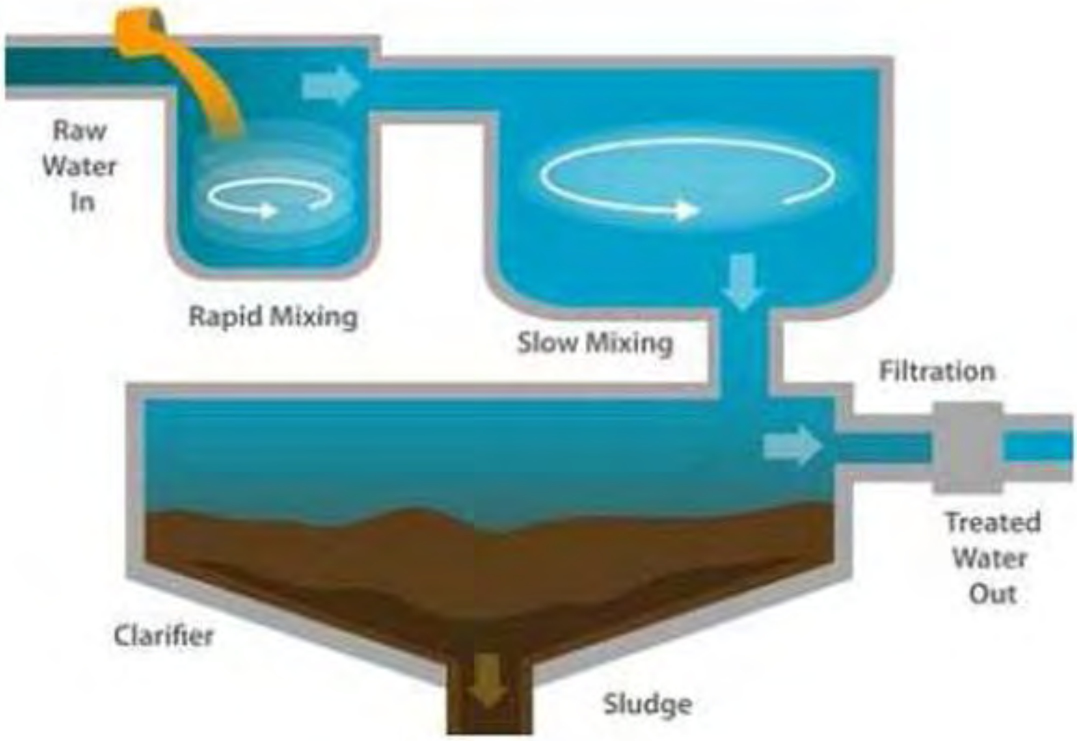
sumber design, Elwin E Steele 1960



Gambar unit koagulasi

14.2 KOAGULASI (Watter Treatment)

Pada ukuran yang sangat kecil, partikel-partikel yang ada dalam air lebih dikenal sebagai kekeruhan sangat sukar diendapkan melalui sedimentasi atau filtrasi. Partikel dengan diameter 0,06 mm membutuhkan waktu 10 jam untuk mengendap dalam bak sedimentasi berkedalaman 3 meter, dan partikel yang berdiameter 0,002 mm mengendap dalam waktu 4 han. Selain partikel-partikel yang halus, di dalam air juga terdapat koloid-koloid yang bennuatan listrik yang selalu bergerak-gerak serta tidak dapat diendapkan secara gravitasi. Koagulasi adalah suatu metode pengolahan air dengan cara membesarkan ukuran partikel menjadi ukuran yang lebih besar sehingga diendapkan melalui pembubuhan bahan kimia. Adapun pencampuran bahan kmua dilakukan dengan mencampur koagulan pada pengadukan secara cepat guna menstabilisasikan koloid dan solid tersuspensi yang halus dan masa inti partikel, dan kemudian membentuk mikro flok. Proses mi dapat berjalan dengan waktu yang relatif cepat. Proses ini dapat menurunkan wama, bau dan rasa. Tahapan proses ini adalah koagulasi. flokulasi dan sedimentasi Unitan proses adalah pembubuhan koagulan, operasi selanjutnya adalah mencampur/mengaduk dalam air baku secara merata. Pengadukan dilakukan secara cepat selama kurang lebih satu menit yang diikuti pengadukan secara lambat, 30-60 menit.



Gambar unit penjernihan air

Untuk Proses koagulasi jenis air yang mempunyai kekeruhan tinggi dengan menggunakan kogulan tawas, kriteria yang dapat diterapkan adalah gradien kecepatan (G) = 500/detik dan waktu detensi (t) = 60 detik. (Darmasetiawan, Martin 2001).

Waktu ditensi didapat dari Debit air olahan dibagi dengan volume bak coagulasi , dengan menggunakan rumusan ini akan diperoleh waktu detensi

$$t = \frac{V}{Q}$$

Dimana :

t = detensi (= detik)

Q = debit (= m^3/detik)

V = volume bak koagulasi (= m^3)

Gradient kecepatan (G) didapat dari hasil pembaigan antara daya yang ditimbulkan selama pproses koagulasi dibagi dengan viscositasnya dikalikan dengan volume bak koagulasi

$$G = \left(\frac{P}{\mu x V} \right)$$

Dimana :

G = gradient kecipatan (= detik -1)

P = daya yang ditimbulkanselama proses koagulasi (= Nmdetik)

V = volume bak koagulasi (= m^3)

μ = Viskositas (= kg/meter detik)

Selanjutnya daya yng ditimbulkan selama proses koagulasi didapat dari rumusan sebagai berikut :

P = $\rho xg\, x$ Hf x Q

Dimana :

P = daya yang dimbulkan selama proses koagulasi (=Nm/detik)

ρ = densitas air (kg/m^3)

g = grafitasi (m/detik)

Hf = head lost (m)

Q = debiet (m^3/detik)

Atau bisa menggunakan rumusan yang lain bila digunakan pedal pengaduk

$$P = \frac{D^5 x\, kr\, x\, n^3\; x\, \rho}{g}$$

Dimana :

P = daya yang dimbulkan selama proses koagulasi (=Nm/detik)

ρ = densitas air (kg/m^3)

g = grafitasi (m/detik)

D = diameter impeller (meter)

Kr = konstanta impeller

n = kecepatan turbin (Rps)

Contoh soal

Debit air olahan Q = 200 m^3/ jam = 0,055 m^3/det dengan ρ = 998,23 kg/m^3 Dengan Volume saluran untuk koagulasi, V = (0,4 X 0,5 X 30) m^3 = 6 m^3 dan μ =1,28 x10 $^{-5}$ kg/mdetik, kecepatan turbin (n) 100 rpm =1,667 rps konstanta impeller = 2,25

- Waktu detensi, T =V/Q = 6/0,055 = 108,1 detik
- Laju alir yang ditimbulkan = $\frac{Q}{A} = \frac{0{,}055}{0{,}4\ X\ 0{,}5} = 0{,}275$ m/detik
- Hf = $= -\frac{V2}{2g} = \frac{0{,}275}{2\ x\ 9{,}81} = 0.0038\ m$
- Daya yang ditimbulkan

  = p x g x Hf x Q = 998,23 x 9,81 x 0,0038 x 0,055 = 2, 046 Nm/detik

- Gradien kecepatan $= \left[\frac{P}{\mu \times V}\right]^{o,5} = \left[\frac{2{,}046}{1{,}28 \times 10^{-5} \times 6}\right] = 163{,}2\,\det ik$

-1

- G.T = 163,2 x 108,1 =17641,92

Proses koagulasi tidak memenuhi kriteria desain baik ditinjau baik dari nilai G,T dan GT. Nilai kriteria desain untuk T = 60 G = 500 dan G.T = 500 x 60 = 30.000(Darma setiawan 2001)

Analisa

Dari hasil perhitungan dimana waktu tinggal yang terlampau lama menunjukan bahwa unit koagulasi *over desain* .untuk menghindari adanya waktu tinggal yang terlalu lama maka kapasitas operasi bisa dinaikan menjadi 360 $m^{3/}$jam dan diberkan pengaduk yang menggunakan impeller dengan diameter impeller =0,455 m dengan demikian akan didapat daya yang ditimbulkan impeller .

P = $\frac{D^5 x\, kr\, x\, n^3 x \rho}{g}$ = $\frac{0{,}455^5\, x\, 1{,}687\, x\, 1{,}667^3\, x 998{,}23}{9{,}81}$ =15,5 kgm/deetik

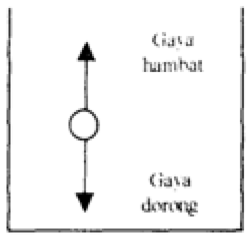
Waktu detensi = $\frac{V}{Q}$ = $\frac{6m^3}{360\, m^3 / jam} x \frac{3600 \det ik}{jam}$ = 60 detik

Gradient kecepatan =$\left(\frac{p}{\mu\, x V}\right)^{0.5} = \left(\frac{15{,}5}{1{,}028\, x\, 6}\right)^{0,5} = 501$

Nilai G x td = 501 x 60 = 30060

14.3 Pengendapan Partikel Tunggal

Pcngendapan partikel discrete terjadi bila selama proses pengendapan tidak terjadi perubahan ukuran, bentuk. maupun berat dan kecepatan fluida umumnya tenang. Partikel - partikel dapat bergerak ke bawah bila masa jenis partikel lebih besar dan masa jenis fluida yang ada di sekitarnya dan partikel akan bergerak ke atas bila densitas partikel lebih kecil dan densitas fluida. Dalam proses pergerakannya partikel akan mengalami percepatan sampai gaya hambat cairan sebanding dengan gaya dorong dan selanjutnya kecepatan partikel akan tetap. Yang dapat digambarkan sebagai berikut.(L.Huisman, 1977



Gambar 14.3 Proses pengendapan partikel

(Sumber: L Huisman ,1977)

Gaya dorong sebanding dengan berat partikel yang tercelup

F=(ps — pw)gv ………………………………………………………(14.13)

Menurut hukum New ton gaya hambat sebanding dengan

$$Fd = \frac{\rho w}{2} S^2 A \cdot Cd \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14.14)$$

Dari persamaan 14.2 dan 14.3 didapat

$$S = \left\{ \frac{2}{Cd} \left(\frac{\rho s - \rho w}{\rho w} \right) \frac{V}{A} \right\}^{\frac{1}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14.15)$$

Dimana S = Kecepatan pengendapan (gram/meterdetik)

Fd = Gaya dorong (grain /detik)

F = Gaya pengeridap (gram)

ps = densitas partikel (gram/liter)

w = densitas air (gram/liter)

g = konstanta grafitasi (meter/detik2)

V = Kecepatan pemgeridapan (meter/detik)

A = Luas penampang partikel (searah dengan gerakanya)(meter2)

Cd = Koefisien hambat

Bila partikel berbentuk bola

Maka A—l/4d2 V— 1/6 d3

Maka $S = \left\{ \frac{4}{3} Cd \left(\frac{\rho s - \rho w}{\rho w} \right) gD \right\}^{\frac{1}{2}}$

Harga Cd dipengaruhi oleh besamya harga angka reynold

Re=Sd / U

Untuk Re < I kondisi aair mengalir dan partikel bergerak disepanjang aliran

Cd = 24/ Re

Re > 2000 partikel tidak dapat mengendap pada aliran turbulen

1<Re<2000 merupakan daerah transisi dimana Re dibawah I03 kondisi aliran laminer dan partikel dapat diendapkan selanjutnya di rumuskan

Cd — 24/Re+3/Re 0,5+34

Untuk daerah transisi 1 <Re <2000

I<Re <50	Digunakan	$Cd = 24 / \mathrm{Re}^{\frac{3}{4}}$
50<Re<1600	Digunakan	$Cd = 4{,}7 / \mathrm{Re}^{\frac{1}{3}}$
1600 < Re	Digunakan	Cd = 0,4

Jika harga harga tersebut disubstitusikan pada persamaan akan didapat

$$\mathrm{Re} < 1 \quad S = \frac{1}{18\vartheta} \left(\frac{\rho s - \rho w}{\rho w} \right) \times g \times d^2$$

$$1 < 50 \quad S = \frac{1}{10U^{9,8}} \times \left(\frac{Us - \rho w}{\rho w} \right) \times g^{0,8} \times d^{0,4}$$

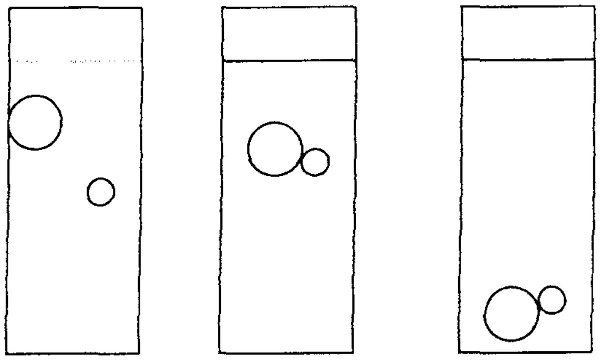
1600 < Re< $S = 1{,}83 \times \left\{ \left(\frac{\rho s - \rho w}{\rho w} \right) \right\}^{0,5} \times g^{0,5} \times d^{0,5}$



Gambar bak pengendaap

Sementara gambar No 2. 4 menunjukan kecepatan partikel pengendapan diskret yang berbentuk bola merupakan fungsi ukuran dan masa ,ienisnya pada temperatur 20 °C. Secara alami tidak ada partikel yang berbentuk bola dan umumnya mempunyai bentuk yang tidak beraturan Volume dan berat yang sama tetapi luas permukaan yang searah dengan gerakan tidak sama akan menghasilkan kecepatan pengendapan yang berbeda pula. Kekeruhan yang masih tinggi dalam air limbah yang disebabkan otch partikel - partikel yang lebih kecil dan pasir dapat di endapkan setelah mengalami koagulasi kimia atau pengendapan

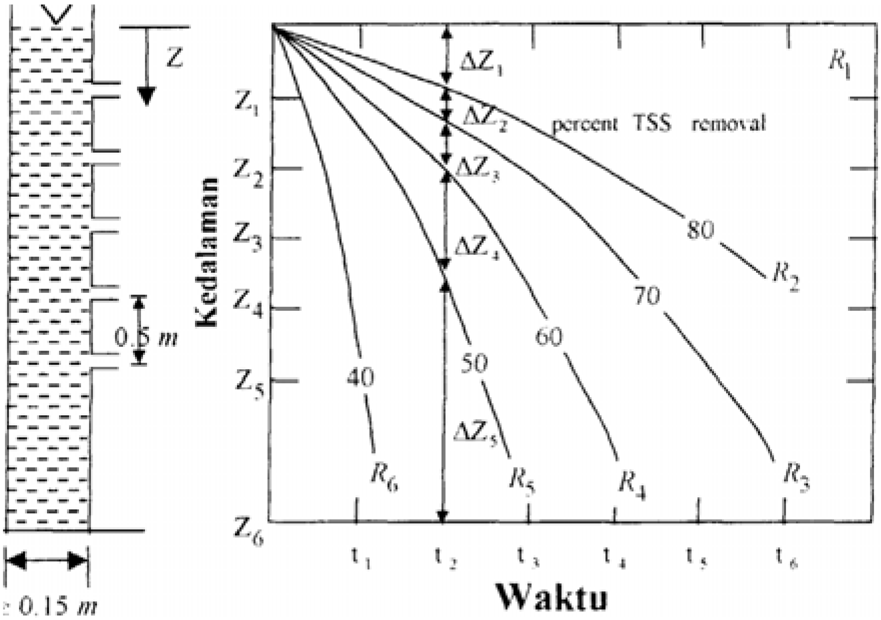
didaerah laminer, dimana kecepatan pengendapan sebanding dengan diametemya. Pada saat koagulasi kimia berlangsung ukuran partikel akan bertambah dengan factor 10. Hal mi akan menambah faktor kecepatan pengendapan menjadi 100 sesuai dengan formula bahwa kecepatan pengendapan tergantung pada viscositas yang harganya dipengaruhi oleh temperatur dan di gambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.4 Pengendapan partikel flokulent
(Sumber L.Huisman ,1977)

14.4 Analisa Partikel

Analisa partikel merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan bak bak pengendap karena dengan analisa partikel ini dapat diketahui distribusi partikel yang tersuspensi dalam air baku. Untuk mengetahui analisa partikel diskrit digunakan kolom pengendap. Suatu contoh basil pemenksaan analisa partikel diskret sebagai berikut:



Gambar 2.4. Hasil test pengendapan partikel terlarut

(Sumber : Montgomery, 1985)

Dengan menggunakan rumus

$$X = \frac{AZ_1}{Z_6}\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right) + \frac{AZ_2}{Z_6}\left(\frac{R_2 + R_3}{2}\right) + \frac{AZ_3}{Z_6}\left(\frac{R_3 + R_4}{2}\right) + \frac{AZ_4}{Z_6}\left(\frac{R_4 + R_5}{2}\right) \text{........}$$

(2.23)

Dimana :

X = total suspendit solid yang dipisahkan

Z = kedalaman

R = penyisihan

Kriteria desain dalam sedimentasi untuk aliran horisontal menurut Martin Darmasetiawan (2001) adalah :

- Beban permukaan (surface loading), Vs = 0.27 – 0,55 (L/det)/jam

- Waktu tinggal dalam bak, T = 1-2 jam
- Bilangan Reynold, Re = < 500
- Bilangan Freud, Fr = > 10^{-5}

Contoh soal

Data Bak sedimentasi

- Panjang, P = 10 m
- Lebar, L = 5 m
- Kedalaman, H = 2,4 m
- Luas permukaan bak, As = 5 x 10 = 50 m^2
- Penampang melintang bak, Ac = L x H = 5 x 2,4 = 12 m^2
- Volume bak, Vol = 10 x 5 x 2,4 = 120 m
- Radius hidrolik, R = (5 x 2,4) / (2 x 2,4) + 5] = 12/9,8 = 1, 22 m
- Q = 250 m^3/jam = 0,069 m^3/det = 69 L/det

penyelesaian

- Beban permukaan, Vs = Q/As = 69/50 = 1,38 (L/det)/m^2
- Waktu tinggal, T = vol/Q = 120/0,069 = 1739 det = 0,49 jam
- Kecepatan horisontal, Vo = Q/Ac = 0,069/12 = 0,006 m/det
- Bilangan Reynold, Re = $\frac{VoxR}{.\vartheta} = \frac{0{,}006\,x\,1{,}22}{0{,}8.10^{-6}}$ = 9150
- Bilangan Freud, Fr = $\frac{Vo^2}{g.R} = \frac{0{,}006^{\,2}}{9{,}81\,x\,1{,}22}$ = 3.10^{-6}

Analisis

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa Bak sedimentasi, , tidak memenuhi kriteria desain yang ada, baik dari segi beban permukaan, waktu tinggal, bilangan Reynold maupun bilangan freud. Waktu tinggal yang terlalu lama menunjukan bahwa unit sedimentasi mengalami *over desain* sehingga untuk mencapai kondisi optimumnya kapasitas operasi dapat dinaikan menjadi 360 m^3/jam selanjutnya diperlukan bak sedimentasi sebanyak dua

bak yang bekerja secara parallel jadi debit untuk masing masing bak sedimentasi = $\frac{360\,m3/\,jam}{2} = 180m^3\ /\ jam$ dengan dimensi sebagi berikut :

Panjang = 45 meter

Lebar = 1,7 meter

Kedalaman = 3 meter

Dengan demikian akan didapatkan

Volume bak sedimentasi = 45x 1,7 x 3 = 229,5 m^3

Waktu detensi = $\frac{229{,}5\,m^3}{180\,m^3\ /\ jam} = 1{,}3\ jam$

Luas penampang melintang = 1,7 x 3 m^2 = 5,1 m^2

Keliling basah = (3x2) + 1,7 m = 7,7 m

Radius hidroulik= $\frac{5{,}1\,m^2}{7{,}7m} = 0{,}66m$

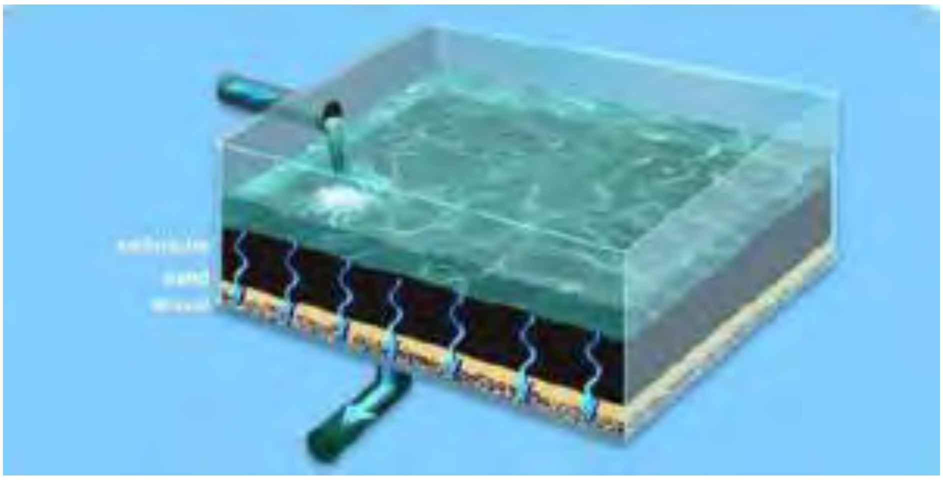
Laju aliran horizontal = $\frac{180\,m^3\ /\ jam}{5{,}1\,m^2} =$ 0,01 m/detik

NRe = $\frac{vo\,x\,R}{\upsilon} = \frac{0{,}01\,x\,0{,}66}{1{,}33\,x\,10^{-5}} = 496{,}4$

Bilangan freud (Fr) = $\frac{vo^2}{g\,x\,R} = \frac{0{,}01^2}{9{,}81\,x\,0{,}66} = 1{,}54\,x\,10^{-5}$

14.5 Filtrasi

Setelah proses sedimentasi, proses selanjutnya adalah filtrasi. Unit filtrasi ini, sesuai dengan namanya, adalah untuk menyaring dengan media berbutir. Media berbutir ini biasanya terdiri dari antrasit, pasir silica, dan kerikil silica denga ketebalan berbeda. Dilakukan secara grafitasi.

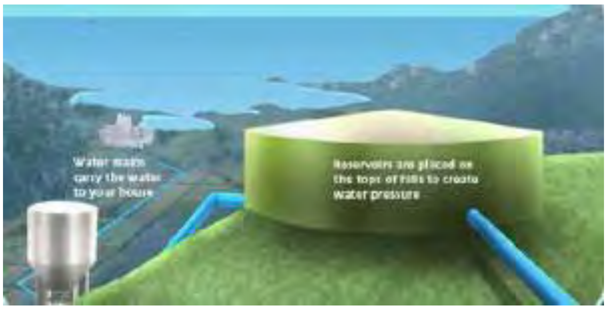


Unit Filtrasi

Selesailah sudah proses pengolahan air bersih. Biasanya untuk proses tambahan, dilakukan disinfeksi berupa penambahan chlor, ozonisasi, UV, pemabasan, dan lain-lain sebelum masuk ke bangunan selanjutnya, yaitu reservoir.

14.6 Reservoir

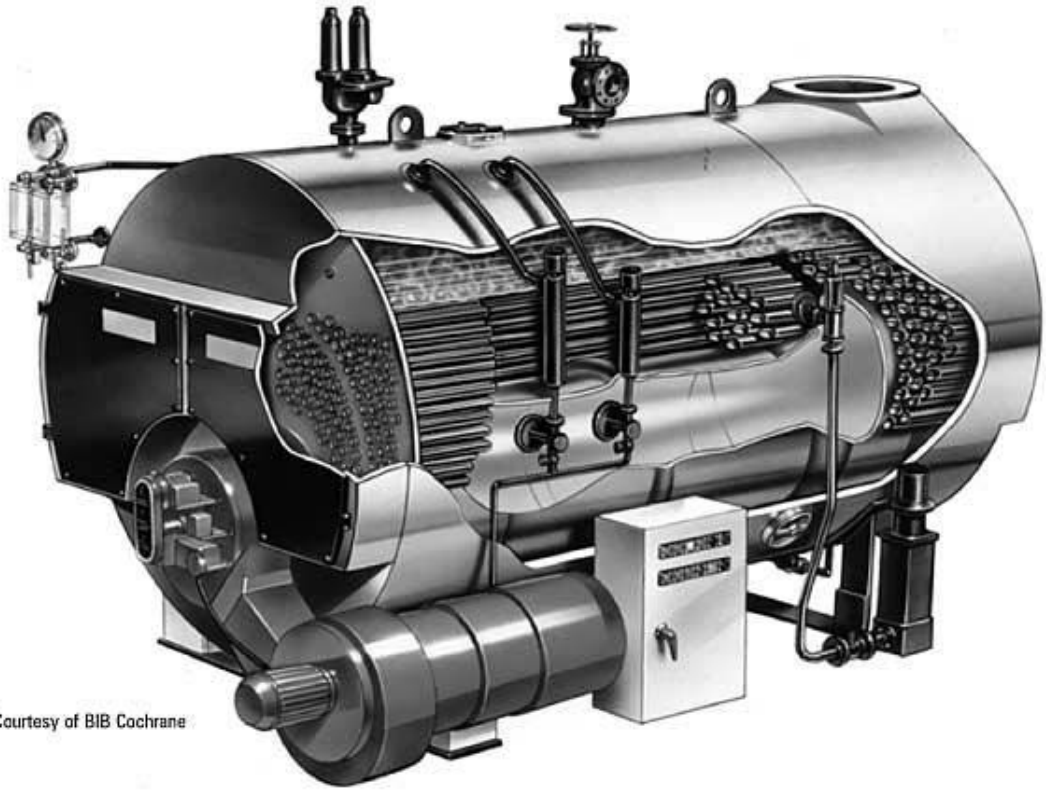
Setelah dari WTP dan berupa *clear water*, sebelum didistribusikan, air masuk ke dalam reservoir. Reservoir ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air bersih sebelum didistribusikan melalui pipa-pipa secara grafitasi. Karena kebanyakan distribusi di kita menggunakan grafitasi, maka reservoir ini biasanya diletakkan di tempat dengan eleveasi lebih tinggi daripada tempat-tempat yang menjadi sasaran distribusi. Biasanya terletak diatas bukit, atau gunung.



Reservoir air bersih

Gabungan dari unit-unit pengolahan air ini disebut IPA – Instalasi Pengolahan Air. Untuk menghemat biaya pembangunan, biasanya Intake, WTP, dan Reservoir dibangun dalam satu kawasan dengan ketinggian yang cukup tinggi, sehingga tidak diperlukan pumping station dengan kapasitas pompa dorong yang besar untuk menyalurkan air dari WTP ke reservoir. Barulah, setelah dari reservoir, air bersih siap untuk didistribusikan melalui pipa-pipa dengan berbagai ukuran ke tiap daerah distribusi.

BAB XV
BOILER



Courtesy of BIB Cochrane

Bagian ini menjelaskan secara singkat tentang Boiler dan berbagai alat pembantunya dalam Ruang Boiler. Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumnya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. **Sistem air umpan** menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. **Sistem steam** mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. **Sistem bahan bakar** adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem. Air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi steam disebut **air umpan**. Dua sumber air umpan adalah: (1) **Kondensat** atau steam yang mengembun yang kembali dari proses dan (2) **Air *makeup*** (air baku yang sudah diolah) yang harus diumpankan dari lua r ruang boiler dan *plant* proses. Untuk mendapatkan efisiensi boiler yang lebih tinggi, digunakan *economizer* untuk memanaskan awal air umpan menggunakan limbah panas pada gas buang.

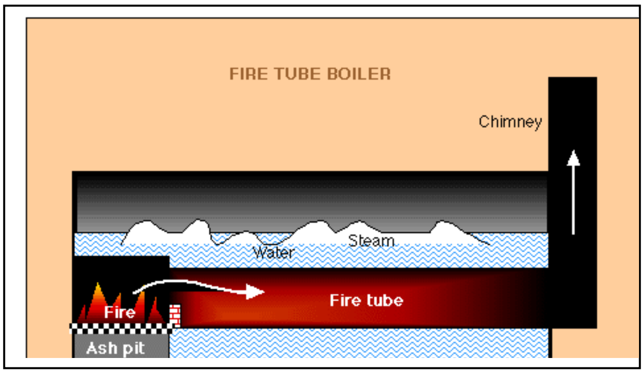
JENIS BOILER

Bagian ini menerangkan tentang berbagi jenis boiler: *Fire tube boiler, Water tube boiler,* Paket boiler, *Fluidized bed combustion boiler, Atmospheric fluidized bed combustion boiler, Pressurized fluidized bed combustion boiler, Circulating fluidized bed combustion boiler, Stoker fired boiler, Pulverized fuel boiler, Boiler pemanas limbah (Waste heat boiler)* dan and Pemanas fluida termis.

Fire Tube Boiler

Pada *fire tube boiler*, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam *shell* untuk dirubah menjadi steam. *Fire tube boilers* biasanya digunakan untuk kapasitas steam yang relative kecil dengan

tekanan steam rendah sampai sedang. Sebagai pedoman, *fire tube boilers* kompetitif untuk kecepatan steam sampai 12.000 kg/jam dengan tekanan sampai 18 kg/cm2. *Fire tube boilers* dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar



padat dalam operasinya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar *fire tube boilers* dikonstruksi

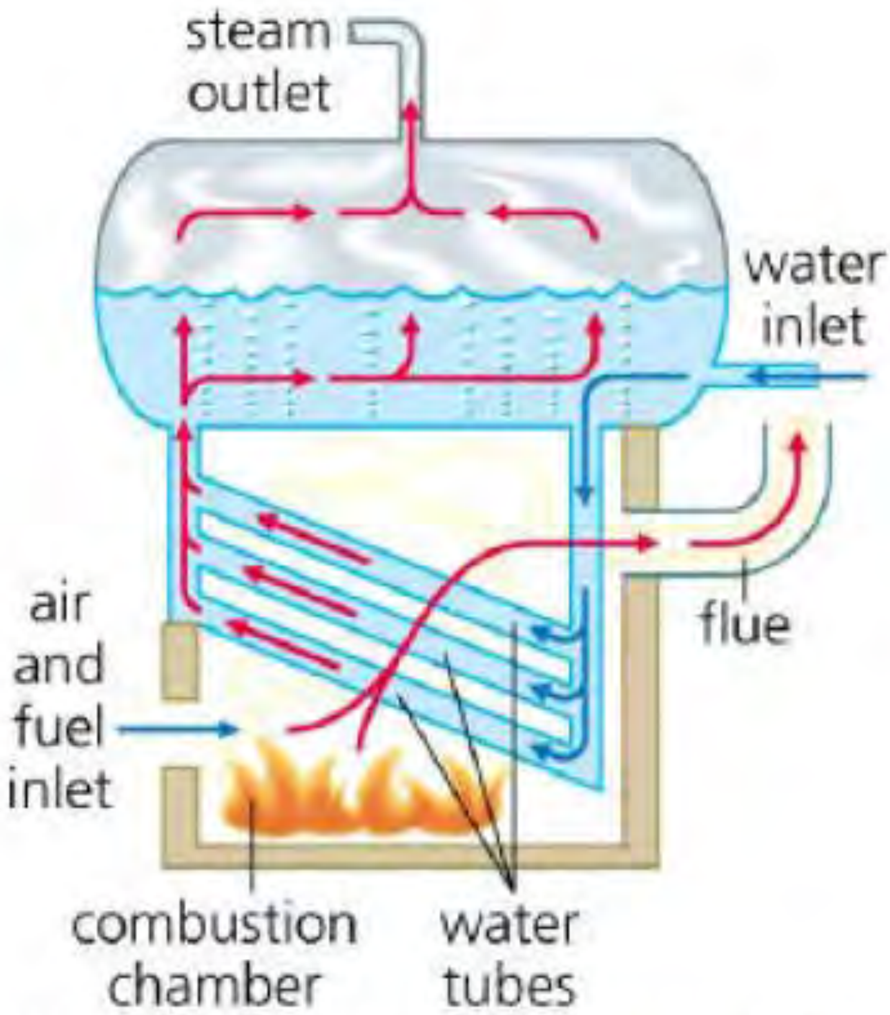
sebagai ―paket" boiler (dirakit oleh pabrik) untuk semua bahan bakar.

Water Tube Boiler

Pada *water tube boiler,* air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum.

Boiler ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus boiler untuk pembangkit tenaga. *Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500 – 12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube boilers* yang dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk w*ater tube* yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket. Karakteristik water tube boilers sebagai berikut:

1. *Forced, induced* dan *balanced* draft membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran
2. Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari *plant* pengolahan air.
3. Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi.



Gambar 3. Diagram Sederhana *Water Tube Boiler* (YourDictionary.com)

Pada *water tube boiler,* air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum.

Boiler ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus boiler untuk pembangkit tenaga. *Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500 – 12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube boilers* yang dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untukmw*ater tube* yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.

Karakteristik water tube boilers sebagai berikut:

1. *Forced, induced* dan *balanced* draft membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran
2. Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari *plant* pengolahan air.
3. Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi.

Paket Boiler

Disebut boiler paket sebab sudah tersedia sebagai paket yang lengkap. Pada saat dikirim ke pabrik,

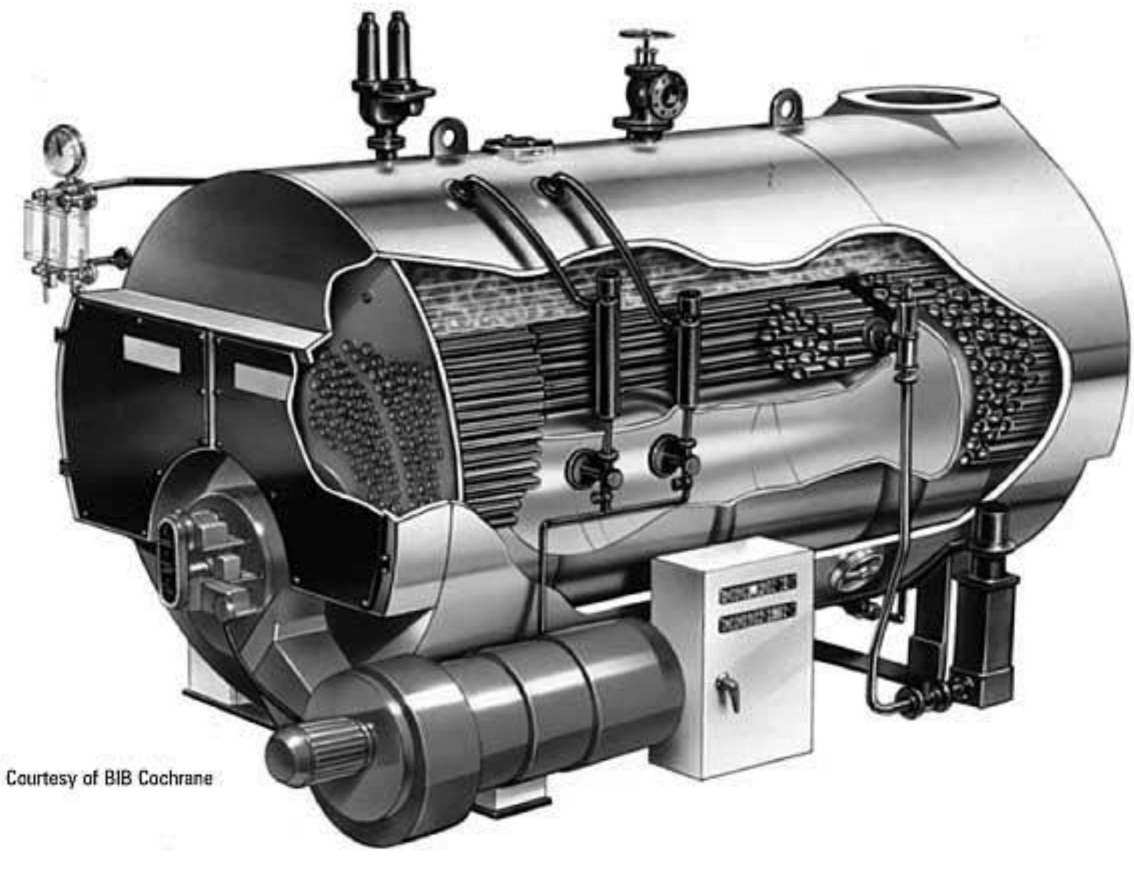
hanya memerlukan pipa steam, pipa air, suplai bahan bakar dan sambungan listrik untuk dapat beroperasi. Paket boiler biasanya merupakan tipe shell and tube dengan rancangan *fire tube* dengan transfer

panas baik radiasi maupun konveksi yang tinggi. Ciri-ciri dari *packaged boilers* adalah:

1. Kecilnya ruang pembakaran dan tingginya panas yang dilepas menghasilkan penguapan yang lebih cepat.
2. Banyaknya jumlah pipa yang berdiameter kecil membuatnya memiliki perpindahan panas konvektif yang baik

3. Sistim *forced* atau *induced draft* menghasilkan efisiensi pembakaran yang baik.
4. Sejumlah lintasan/*pass* menghasilkan perpindahan panas keseluruhan yang lebih baik.
5. Tingkat efisiensi thermisnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan *boiler* lainnya.

Boiler tersebut dikelompokkan berdasarkan jumlah *pass* nya – yaitu berapa kali gas pembakaran melintasi boiler. Ruang pembakaran ditempatkan sebagai lintasan pertama setelah itu kemudian satu, dua, atau tiga set pipa api. Boiler yang paling umum dalam kelas ini adalah unit tiga *pass/* lintasan dengan dua set *fire-tube*/ pipa api dan gas buangnya keluar dari belakang boiler.



Gambar 4 jenis paket boiler lengkap dengan kelistrikanya

Boiler Pembakaran dengan *Fluidized Bed* (FBC)

Pembakaran dengan *fluidized bed* (FBC) muncul sebagai alternatif yang memungkinkan dan memiliki kelebihan yang cukup berarti dibanding sistim pembakaran yang konvensional danm memberikan banyak keuntungan – rancangan boiler yang kompak, fleksibel terhadap bahan bakar, efisiensi pembakaran yang tinggi dan berkurangnya emisi polutan yang merugikan seperti SOx dan NOx. Bahan bakar yang dapat dibakar dalam boiler ini adalah batubara, barang tolakan dari tempat pencucian pakaian, sekam padi, bagas & limbah pertanian lainnya. Boiler *fluidized bed* memiliki kisaran kapasitas ya ng luas yaitu antara 0.5 T/jam sampai lebih dari 100 T/jam. Bila udara atau gas yang terdistribusi secara merata dilewatkan keatas melalui *bed* partikel padat seperti pasir yang disangga oleh saringan halus, partikel tidak akan terganggu pada kecepatan yang rendah. Begitu kecepatan udaranya berangsur-angsur naik, terbentuklah suatu keadaan dimana partikel tersuspensi dalam aliran udara – *bed* tersebut disebut —terfluidisasikan". Dengan kenaikan kecepatan udara selanjutnya, terjadi pembentukan gelembung, turbulensi yang kuat, pencampuran cepat dan pembentukan permukaan *bed* yang rapat. Bed partikel padat menampilkan sifat cairan mendidih dan terlihat seperti fluida - —bed gelembung fluida/ *bubbling fluidized bed*". Jika partikel pasir dalam keadaan terfluidisasikan dipanaskan hingga ke suhu nyala batubara, dan batubara diinjeksikan secara terus menerus ke *bed*, batubara akan terbakar dengan cepat dan *bed* mencapai suhu yang seragam. Pembakaran dengan *fluidized bed* (FBC) berlangsung pada suhu sekitar 840^{O}C hingga 950^{O}C. Karena suhu ini jauh berada dibawah suhu fusi abu, maka pelelehan abu dan permasalahan yang terkait didalamnya dapat dihindari. Suhu pembakaran yang lebih rendah tercapai disebabkan tingginya koefisien perpindahan panas sebagai akibat pencampuran cepat dalam *fluidized bed* dan ekstraksi panas yang efektif dari *bed* melalui

perpindahan panas pada pipa dan dinding bed. Kecepatan gas dicapai diantara kecepatan fluidisasi minimum dan kecepatan masuk partikel. Hal ini menjamin operasi *bed* yang stabil dan menghindari terbawanya partikel dalam jalur gas.

Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC) Boiler

Kebanyakan boiler yang beroperasi untuk jenis ini adalah *Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC) Boiler*. Alat ini hanya berupa *shell* boiler konvensional biasa yang ditambah dengan sebuah fluidized bed combustor. Sistim seperti telah dipasang digabungkan dengan *water tube boiler*/ boiler pipa air konvensional Batubara dihancurkan menjadi ukuran 1 – 10 mm tergantung pada tingkatan batubara dan jenis pengumpan udara ke ruang pembakaran. Udara atmosfir, yang bertindak sebagai udara fluidisasi dan pembakaran, dimasukkan dengan tekanan, setelah diberi pemanasan awal oleh gas buang bahan bakar. Pipa dalam *bed* yang membawa air pada umumnya bertindak sebagai *evaporator*. Produk gas hasil pembakaran melewati bagian *super heater* dari boiler lalu mengalir ke *economizer*, ke pengumpul debu dan pemanas awal udara sebelum dibuang ke atmosfir.

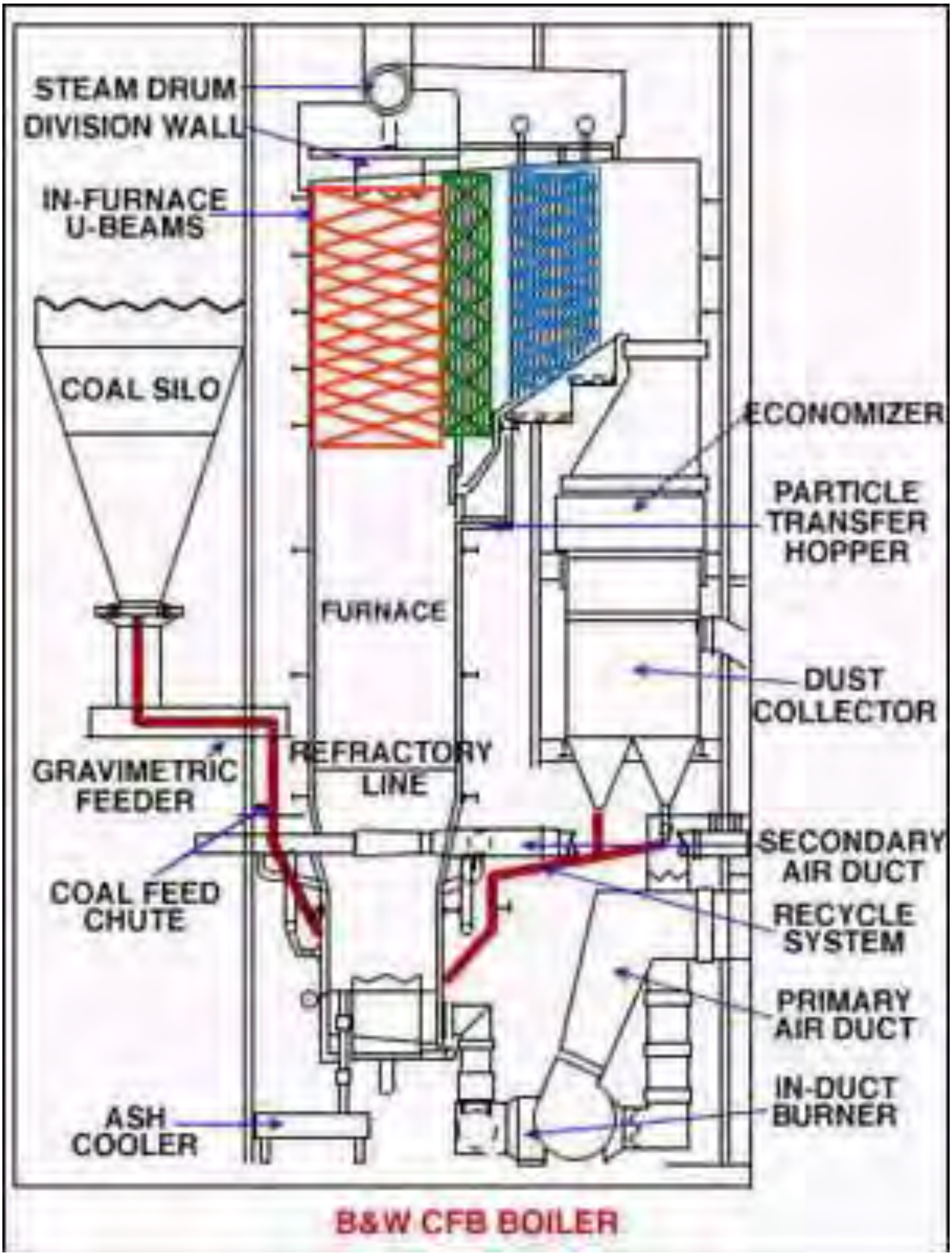
Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC) Boiler

Pada tipe *Pressurized Fluidized bed Combustion* (PFBC), sebuah kompresor memasok udara *Forced Draft (FD)*, dan pembakarnya merupakan tangki bertekanan. Laju panas yang dilepas dalam *bed* sebanding dengan tekanan *bed* sehingga *bed* yang dalam digunakan untuk mengekstraksi sejumlah besar panas. Hal ini akan meningkatkan efisiensi pembakaran dan peyerapan sulfur dioksida dalam *bed*. Steam dihasilkan didalam dua ikatan pipa, satu di *bed* dan satunya lagi berada

diatasnya. Gas panas dari cerobong menggerakan turbin gas pembangkit tenaga. Sistim PFBC dapat digunakan untuk pembangkitan kogenerasi (*steam* dan listrik) atau pembangkit tenaga dengan siklus gabungan/ *combined cycle*. Operasi *combined cycle* (turbin gas & turbin uap) meningkatkan efisiensi konversi keseluruhan sebesar 5 hingga 8 persen.

Atmospheric Circulating Fluidized Bed Combustion Boilers (CFBC)

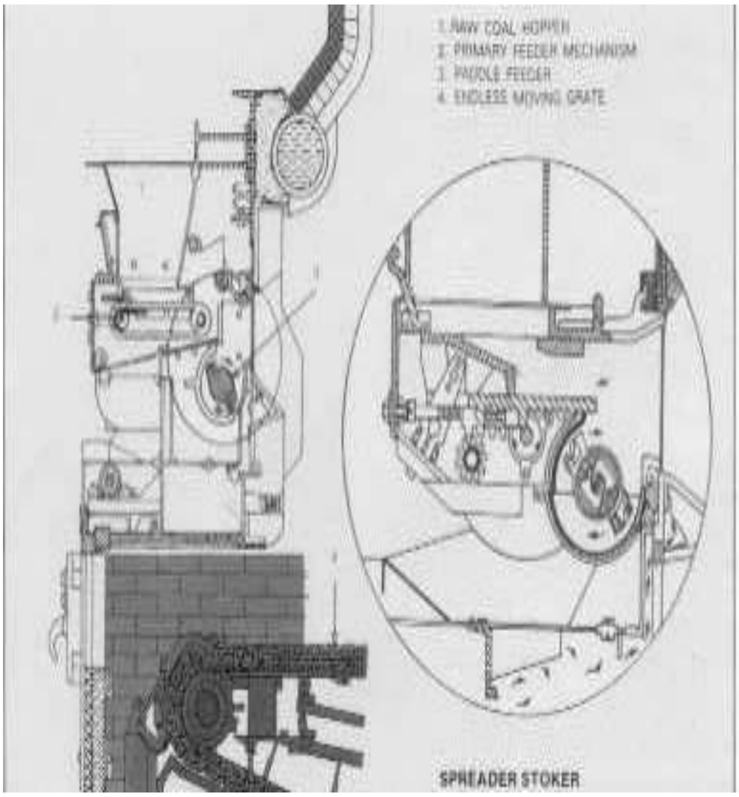
Dalam sistim sirkulasi, parameter bed dijaga untuk membentuk padatan melayang dari *bed*. Padatan diangkat pada fase yang relatif terlarut dalam pengangkat padatan, dan sebuah *down-comer* dengan sebuah siklonmerupakan aliran sirkulasi padatan. Tidak terdapat pipa pembangkit steam yang terletak dalam *bed*. Pembangkitan dan pemanasan berlebih steam berlangsung di bagian konveksi, dinding air, pada keluaran pengangkat/ *riser*. Boiler CFBC pada umumnya lebih ekonomis daripada boiler AFBC, untuk penerapannya di industri memerlukan lebih dari 75 – 100 T/jam steam. Untuk unit yang besar, semakin tinggi karakteristik tungku boiler CFBC akan memberikan penggunaan ruang yang semakin baik, partikel bahan bakar lebih besar, waktu tinggal bahan penyerap untuk pembakaran yang efisien dan penangkapan SO2 yang semakin besar pula, dan semakin mudah penerapan teknik pembakaran untuk pengendalian NOx daripada pembangkit steam AFBC.



Gambar 5 CFBC boiler

Stoker Fired Boilers

Stokers diklasifikasikan menurut metode pengumpanan bahan bakar ke tungku dan oleh jenis *grate* nya. Klasifikasi utama nya adalah *spreader stoker* dan *chain-gate* atau *traveling-gate stoker.*



Spreader stokers

Spreader stokers memanfaatkan kombinasi pembakaran suspensi dan pembakaran *grate*. Batubara diumpankan secara kontinyu ke tungku diatas *bed* pembakaran batubara. Batubara yang halus dibakar dalam suspensi; partikel yang lebih besar akan jatuh ke *grate*, dimana batubara ini akan dibakar dalam *bed* batubara yang tipis dan pembakaran cepat. Metode pembakaran ini memberikan fleksibilitas yang baik terhadap fluktuasi beban, dikarenakan penyalaan hampir

terjadi secara cepat bila laju

pembakaran meningkat. Karena

hal ini, *spreader stoker* lebih

disukai dibanding jenis *stoker* lainnya dalam berbagai penerapan di industri.

Chain-grate* atau *traveling-grate stoker

Batubara diumpankan ke ujung *grate*

baja yang bergerak. Ketika *grate*

bergerak sepanjang tungku, batubara

terbakar sebelum jatuh pada ujung

sebagai abu. Diperlukan tingkat

keterampilan tertentu, terutama bila

menyetel *grate*, *damper* udara dan

baffles, untuk menjamin pembakaran

yang bersih serta menghasilkan

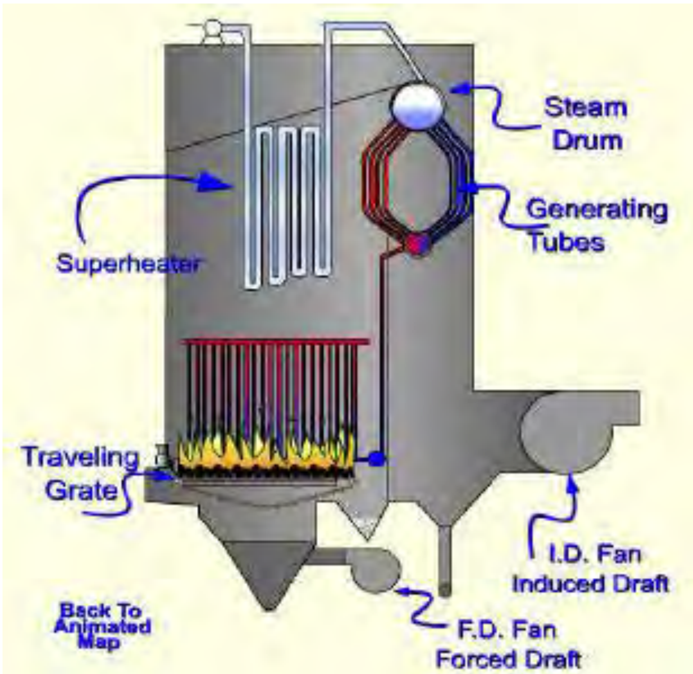
seminimal mungkin jumlah karbon

yang tidak terbakar dalam abu.

Hopper umpan batubara memanjang

di sepanjang seluruh ujung umpan

batubara pada tungku. Sebuah *grate*



batubara digunakan untuk

mengendalikan kecepatan batubara

yang diumpankan ke tungku

dengan mengendalikan ketebalan

bed bahan bakar. Ukuran batubara harus seragam sebab bongkahan yang besar tidak akan

terbakar sempurna pada waktu mencapai ujung *grate*.

Gambar 6. *Spreader Stoker Boiler*

(Department of Coal, 1985)

Pulverized Fuel Boiler

Kebanyakan boiler stasiun pembangkit

tenaga yang berbahan bakar batubara

menggunakan batubara halus, dan banyak

boiler pipa air di industri yang lebih besar

juga menggunakan batubara yang halus.

Teknologi ini berkembang dengan baik

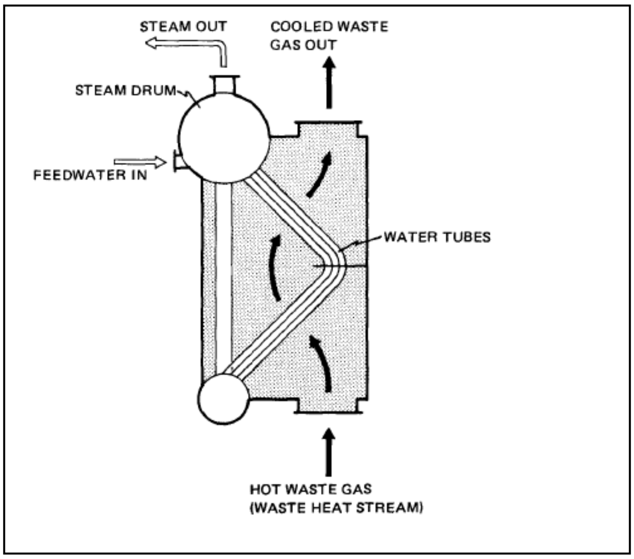
dan diseluruh dunia terdapat ribuan unit

dan lebih dari 90 persen kapasitas

pembakaran batubara merupakan jenis ini. Gambar 7 pembakaran tangensial untuk bahan

Untuk batubara jenis bituminous, bakar halus

batubara digiling sampai menjadi bubuk halus, yang berukuran +300 micrometer (µm) kurang dari 2 persen dan yang berukuran dibawah 75 microns sebesar 70-75 persen. Harus diperhatikan bahwa bubuk yang terlalu halus akan memboroskan energi penggilingan.



Gambar 8 sekema boiler limbah panas

Sebaliknya, bubuk yang terlalu kasar tidak akan terbakar sempurna pada ruang pembakaran

dan menyebabkan kerugian yang lebih besar karena bahan yang tidak terbakar.

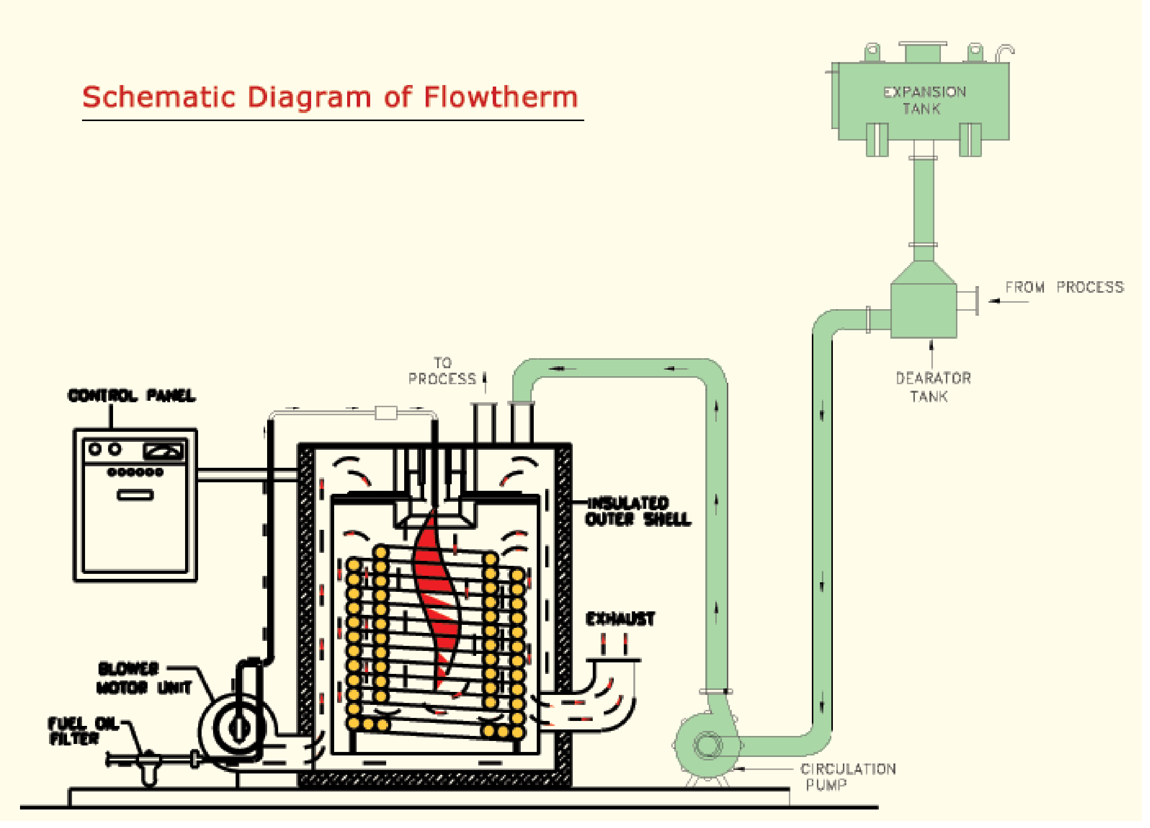
Batubara bubuk dihembuskan dengan sebagian udara pembakaran masuk menuju plant boiler melalui serangkaian nosel *burner*. Udara sekunder dan tersier dapat juga ditambahkan. Pembakaran berlangsung pada suhu dari 1300 - 1700 °C, tergantung pada kualitas batubara. Waktu tinggal partikel dalam *boiler* biasanya 2 hingga 5 detik, dan partikel harus cukup kecil untuk pembakaran yang sempurna. Sistim ini memiliki banyak keuntungan seperti kemampuan membakar berbagai kualitas batubara, respon yang cepat terhadap perubahan beban muatan, penggunaan suhu udara pemanas awal yang tinggi dll.

Salah satu sistim yang paling populer untuk pembakaran batubara halus adalah pembakaran tangensial dengan menggunakan empat buah *burner* dari keempat sudut untuk menciptakan bola api pada pusat tungku

Boiler Limbah Panas

Dimanapun tersedia limbah panas pada suhu sedang atau tinggi, boiler limbah panas dapat dipasang secara ekonomis. Jika kebutuhan steam lebih dari steam yang dihasilkan menggunakan gas buang panas dapat digunakan *burner* tambahan yang menggunakan bahan bakar. Jika steam tidak langsungdapat digunakan, steam dapat dipakai untuk memproduksi daya listrik

Menggunakan generator turbin uap. Hal ini banyak digunakan dalam pemanfaatan kembali panas dari gas buang dari turbin gas dan mesin diesel



gambar pemanas fluida termis

.

Pemanas Fluida Termis

Saat ini, pemanas fluida termis telah digunakan secara luas dalam berbagai penerapan untuk pemanasan proses tidak langsung. Dengan menggunakan fluida petroleum sebagai media perpindahan panas, pemanas tersebut memberikan suhu yang konstan. Sistim pembakaran terdiri dari sebuah *fixed grate* dengan susunan *draft* mekanis. Pemanas fluida thermis modern berbahan bakar minyak terdiri dari sebuah kumparan ganda, konstruksi tiga *pass* dan dipasang dengan sistim jet tekanan. Fluida termis, yang bertindak sebagai pembawa panas, dipanaskan dalam pemanas dan disirkulasikan melalui peralatan pengguna. Disini fluida memindahkn panas untuk proses melalui penukar panas, kemudian fluidanya dikembalikan ke pemanas. Aliran fluida termis pada ujung pemakai dikendalikan oleh katup pengendali yang dioperasikan secara pneumatis, berdasarkan suhu operasi. Pemanas beroperasi pada api yang tinggi atau rendah tergantung pada suhu minyak yang kembali yang bervariasi tergantung beban sistim.

Keuntungan pemanas tersebut adalah:

1. Operasi sistim tertutup dengan kehilangan minimum dibanding dengan boiler steam.
2. Operasi sistim tidak bertekanan bahkan untuk suhu sekitar 250 0C dibandingkan kebutuhan tekanan steam 40 kg/cm2 dalam sistim steam yang sejenis.
3. Penyetelan kendali otomatis, yang memberikan fleksibilitas operasi.
4. Efisiensi termis yang baik karena tidak adanya kehilangan panas yang diakibatkan oleh *blowdown,* pembuangan kondensat dan *flash steam*.

Faktor ekonomi keseluruhan dari pemanas fluida termis tergantung pada penerapan spesifik dan dasar acuannya. Pemanas fluida thermis

berbahan bakar batubara dengan kisaran efisiensi panas 55-65 persen merupakan yang paling nyaman digunakan dibandingkan dengan hampir kebanyakan boiler. Penggabungan peralatan pemanfaatan kembali panas dalam gas buang akan mempertinggi tingkat efisiensi termis selanjutnya

PENGKAJIAN BOILER

Bagian ini menjelaskan evaluasi Kinerja boiler (melalui metode langsung dan tidak langsung termasuk contoh perhitungan efisiensi), *blowdown* boiler, dan pengolahan air boiler.

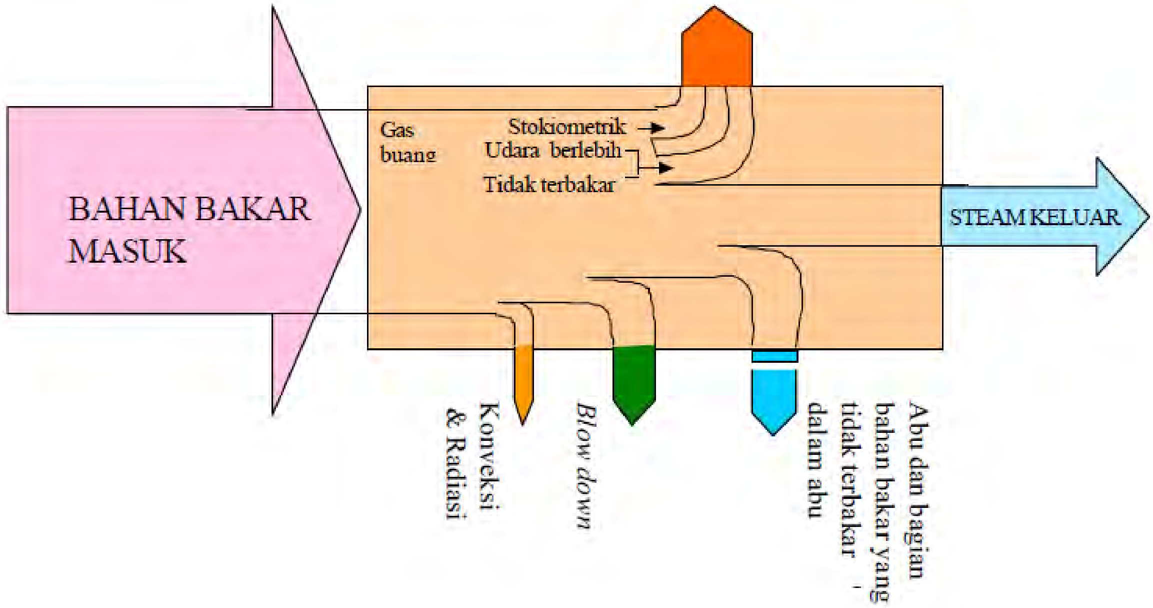
Evaluasi Kinerja Boiler

Parameter kinerja boiler, seperti efisiensi dan rasio penguapan, berkurang terhadap waktu disebabkan buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas dan buruknya operasi dan pemeliharaan. Bahkan untuk *boiler* yang baru sekalipun, alasan seperti bur uknya kualitas bahan bakar dan kualitas air dapat mengakibatkan buruknya kinerja boiler. Neraca panas dapat membantu dalam mengidentifikasi kehilangan panas yang dapat atau tidak dapat dihindari. Uji efisiensi boiler dapat membantu dalam menemukan penyimpangan efisiensi boiler dari efisiensi terbaik dan target area permasalahan untuk tindakan perbaikan.

Neraca Panas

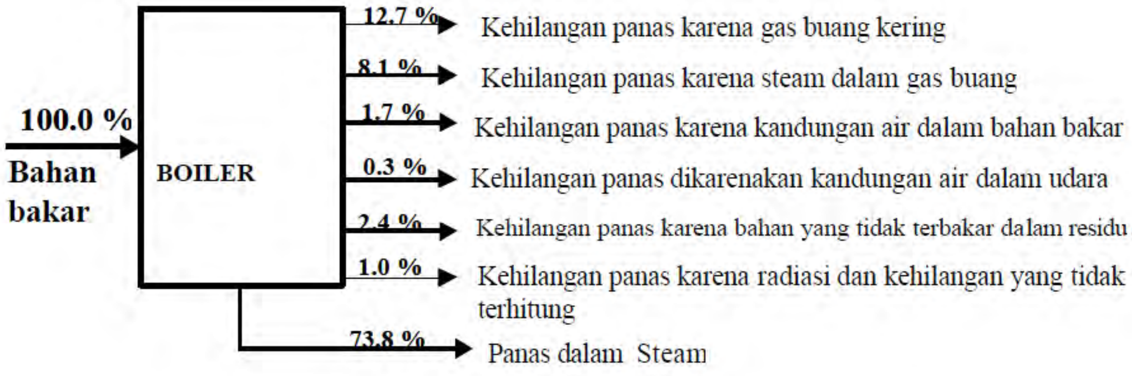
Proses pembakaran dalam boiler dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir energi. Diagram ini menggambarkan secara grafis tentang bagaimana energi masuk dari bahan bakar diubah menjadi aliran energi dengan berbagai kegunaan dan menjadi aliran kehilangan panas dan energi. Panah tebal menunjukan jumlah energi yang dikandung dalam

aliran masingmasing. Neraca panas merupakan keseimbangan energi total yang masuk boiler terhadap yang meninggalkan boiler dalam bentuk yang berbeda. Gambar berikut memberikan gambaran berbagai kehilangan yang terjadi untuk pembangkitan *steam*.



Gambar 10 diagram neraca energi boiler

Neraca panas merupakan keseimbangan energi total yang masuk boiler terhadap yang meninggalkan boiler dalam bentuk yang berbeda. Gambar berikut memberikan gambaran berbagai kehilangan yang terjadi untuk pembangkitan *steam*



Gambar 11. Kehilangan pada Boiler yang Berbahan Bakar Batubara

Kehilangan energi dapat dibagi kedalam kehilangan yang tidak atau dapat dihindarkan. Tujuan dari Produksi Bersih dan/atau pengkajian energi harus mengurangi kehilangan yang dapat dihindari, dengan meningkatkan efisiensi energi. Kehilangan berikut dapat dihindari atau dikurangi:

1. Kehilangan gas cerobong:

- Udara berlebih (diturunkan hingga ke nilai minimum yang tergantung dari teknologi *burner,* operasi (kontrol), dan pemeliharaan).

- Suhu gas cerobong (diturunkan dengan mengoptimalkan perawatan (pembersihan) beban *burner* yang lebih baik dan teknologi boiler).

2. Kehilangan karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam cerobong dan abu (mengoptimalkan operasi dan pemeliharaan; teknologi *burner* yang lebih baik).
3. Kehilangan dari *blowdown* (pengolahan air umpan segar, daur ulang kondensat)
4. Kehilangan kondensat (manfaatkan sebanyak mungkin kondensat)
5. Kehilangan konveksi dan radiasi (dikurangi dengan isolasi boiler yang lebih baik)

Efisiensi *Boiler*

Efisiensi termis boiler didefinisikan sebagai —persen energi (panas) masuk yang digunakan secara efektif pada steam yang dihasilkan." Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler:

1. Metode Langsung: energi yang didapat dari fluida kerja (air dan steam) dibandingkan dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar *boiler.*
2. Metode Tidak Langsung: efisiensi merupakan perbedaan antara kehilangan dan energi yang masuk.

Metode langsung dalam menentukan efisiensi boiler

Metodologi

Dikenal juga sebagai ‗metode *input-output'* karena kenyataan bahwa metode ini hanya memerlukan keluaran/*output* (steam) dan panas masuk/*input* (bahan bakar) untuk evaluasi efisiensi. Efisiensi ini dapat dievaluasi dengan menggunakan rumus:

Efisiensi Boiler ( ) = $\frac{Panas\ keluar}{Panas\ masuk}$ x 100

Efisiensi Boiler ( ) = $\frac{Qx(Hg-Hf)}{q\ x\ GCV}$ x 100

Parameter yang dipantau untuk perhitungan efisiensi boiler dengan metode langsung adalah:

- Jumlah steam yang dihasilkan per jam (Q) dalam kg/jam

  Jumlah bahan bakar yang digunakan per jam (q) dalam kg/jam

  Tekanan kerja (dalam kg/cm2(g)) dan suhu lewat panas$^{(oC}$), jika ada

  Suhu air umpan (°C)

  Jenis bahan bakar dan nilai panas kotor bahan bakar (GCV) dalam kkal/kg bahan

bakar

Dimana

  Hg – Entalpi steam jenuh dalam kkal/kg *steam*

  Hf – Entalpi air umpan dalam kkal/kg air

Contoh

Cari efisiensi boiler dengan metode langsung dengan data yang diberikan dibawah ini:

  Jenis boiler Berbahan bakar batubara

  Jumlah steam (kering) yang dihasilkan : 10 TPJ

  Tekanan steam (*gauge*) / suhu : 10 kg/c (g)/ 180 C

  Jumlah pemakaian batubara : 2,25 TPJ

  Suhu air umpan : 85^0C

  GCV batubara : 3200 kkal/kg

  Entalpi steam pada tekanan 10 kg/cm^2: 665 kkal/kg (jenuh)

  Entalp of air umpan : 85 kkal/kg

Efisiensi Boiler (□) $= \frac{10 \, x \, (665-85) \, x1000}{2{,}25 \, x3200 \, x \, 1000}$ x 100 = 80,56 persen

Keuntungan metode langsung

□ □ Pekerja pabrik dapat dengan cepat mengevaluasi efisiensi boiler

□ □ Memerlukan sedikit parameter untuk perhitungan

□ □ Memerlukan sedikit instrumen untuk pemantauan

- Mudah membandingkan rasio penguapan dengan data *benchmark*

Kerugian metode langsung

□ □ Tidak memberikan petunjuk kepada operator tentang penyebab dari efisiensi sistim yanlebih rendah

- Tidak menghitung berbagai kehilangan yang berpengaruh pada berbagai tingkat efisiensi

***Blowdown* Boiler**

Jika air dididihkan dan dihasilkan steam, padatan terlarut yang terdapat dalam air akan tinggal di boiler. Jika banyak padatan terdapat dalam air umpan, padatan tersebut akan terpekatkan dan akhirnya akan mencapai suatu tingkat dimana kelarutannya dalam air akan terlampaui dan akan mengendap dari larutan. Diatas tingkat konsenrasi tertentu, padatan tersebut mendorong terbentuknya busa dan menyebabkan terbawanya air ke steam. Endapan juga mengakibatkan terbentunya kerak di bagian dalam boiler, mengakibatan pemanasan setempat menjadi berlebih dan akhirnya menyebabkan kegagalan pada pipa boiler. Oleh karena itu penting untuk mengendalikan tingkat konsentrasi padatan dalam suspensi dan yang terlarut dalam air yang dididihkan. Hal ini dicapai oleh proses

yang disebut ‗*blowing down*', dimana sejumlah tertentu volume air dikeluarkan dan secara otomatis diganti dengan air umpan – dengan demikian akan tercapai tingkat optimum total padatan terlarut (TDS) dalam air boiler dan membuang padatan yang sudah rata keluar dari larutan dan yang cenderung tinggal pada permukaan boiler. *Blowdown* penting untuk melindungi permukaan penukar panas pada boiler. Walau demikian, *Blowdown* dapat menjadi sumber kehilangan panas yang cukup berarti, jika dilakukan secara tidak benar

Sampling Air Boiler

Sampel air boiler akan berguna hanya jika sampel ini mewakili kondisi dibagian dalam boiler. Oleh karena itu sampel-sampel yang diambil dari gelas pengukur ketinggian air, yang tergantung di luar ruang control, atau dekat pipa pemasukan air umpan nampaknya sangat tidak akurat. Sampel yang diambil dari *shell* boiler tidak aman dan tidak akurat sebab airnya dalam keadaan bertekanan dan sebagian akan menyemprot menjadi steam, sehingga konsentrasi TDS yang terukur lebih tinggi pada sampel daripada didalam boiler. Berdasarkan hasil analisis sampel, sangat umum terjadi bahwa air boiler yang di-blowdown lebih banyak daripada yang diperlukan.

Penyelesaiannya adalah menggunakan pendingin sampel untuk mengambil air dari boiler. Pendigin sampel adalah penukar panas berukuran kecil yang menggunakan air dingin untuk mendinginkan sampel pada saat diambil, oleh karena itu mengurangi semprotan, meningkatkan keamanan operator dan ketelitian sampel. Dalam beberapa sistim otomatis, sensor konduktivitas dipasang langsung ke *shell* boiler untuk

memantau tingkat TDS secara terus menerus. Alasan lain untuk sistim kendali TDS otomatis adalah untuk menghindari pengaruh beban steam yang bervariasi, laju kondensat yang kembali, dan kualitas air *make-up* pada hasil sampel.

Konduktivitas sebagai indikator kualitas air boiler

Dikarenakan pekerjaan mengukur TDS pada sistim air boiler merupakan pekerjaan yang membosankan dan memakan waktu, maka digunakan pengukuran konduktivitas untuk memantau TDS keseluruhan yang ada dalam boiler. Peningkatan dalam konduktivitas menunjukan kenaikan ―pencemaran" air boiler. Metode konvensional untuk mem-*blowdown* boiler tergantung pada dua jenis *blowdown*: sewaktu-waktu dan kontinyu.

Blowdown yang sewaktu-waktu/ intermittent

Blowdown yang sewaktu-waktu dioperasikan secara manual menggunakan sebuah kran yang dipasang pada pipa pembuangan pada titik terendah *shell* boiler untuk mengurangi parameter (TDS atau konduktivitas, pH, konsentasi Silica dan Fosfat) dalam batasan yang sudah ditentukan sehingga tidak berpengaruh buruk terhadap kualitas steam. Jenis *blowdown* ini juga merupakan metode efektif untuk membuang padatan yang telah lepas dari larutan dan menempati pipa api dan permukaan dalam *shell* boiler. Pada *blowdown* yang sewaktu-waktu, jalur yang berdiameter besar dibuka untuk waktu sesaat, yang didasarkan pada aturan umum misalnya ―sekali dalam satu *shift* untuk waktu 2 menit". *Blowdown* yang sewaktu-waktu menyebabkan harus ditambahkannya air

umpan ke dalam boiler dalam jumlah besar dan dalam waktu singkat, sehingga membutuhkan pompa air umpan yang lebih besar daripada jika digunakan *blowdown* kontinyu. Juga, tingkat TDS akan bervariasi, sehingga menyebabkan fluktuasi ketinggian air dalam boiler karena perubahan dalam ukuran gelembung *steam* dan distribusinya yang setara dengan perubahan dalam konsentrasi padatan. Juga, sejumlah besar energi panas hilang karena *blowdown* yang sewaktu-waktu.

Blowdown yang kontinyu

Terdapat pemasukan yang tetap dan konstan sejumlah kecil aliran air boiler kotor, dengan penggantian aliran masuk air umpan yang tetap dan konstan. Hal ini menjamin TDS yang konstan dan kemurnian steam pada beban steam tertentu. Kran *blowdown* hanya diatur satu kali untuk kondisi tertentu, dan tidak perlu lagi diatur setiap saat oleh operator. Walaupun sejumlah besar panas diambil dari boiler, tetapi ada peluang pemanfaatan kembali panas ini dengan mengembuskannya ke *flash tank* dan mengasilkan *flash steam*. *Flash steam* ini dapat digunakan untuk pemanasan awal air umpan boiler. Jenis *blowdown* ini umum digunakan pada boiler bertekanan tinggi. Residu *blowdown* yang meninggalkan *flash vessel* masih mengandung energi panas yang cukup dan dapat dimanfaatkan kembali dengan me masang sebuah penukar panas untuk memanaskan air *make-up* dingin. Sistim pemanfaatan kembali panas *blowdown* yang lengkap seperti yang digambarkan dibawah dapat memanfaatkan hingga 80% energi yang terkandung dalam *blowdown,* yang dapat diterapkan pada berbagai ukuran boiler steam dengan waktu pengembalian modalnya bisa kembali hanya dalam beberapa bulan.

Perhitungan *blowdown*

Besarnya jumlah *blowdown* yang diperlukan untuk mengendalikan konsentrasi padatan air boiler dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Blowdown (persen) =

Jika batasan maksimum TDS yang diperbolehkan sebagaimana dalam boiler paket adalah sebesar 3000 ppm, persen air *make up* adalah 10 persen dan TDS dalam air *make up* adalah

300 ppm, maka persentase *blowdown*nya adalah sebagai berikut:

Gambar 13. Skema Pemanfaatan Kembali Panas dari *Blowdown* Boiler (Spirax Sarco)

TDS Air *make up* x % Air *make up*

TDS maksimum dalam boiler yang diijinkan = 300 x 10 / 3000= 1 %

Jika laju penguapan boiler sebesar 3000 kg/ jam maka laju *blowdown* yang diperlukan adalah:

= 3000 x 1 / 100 = 30 kg/jam

Keuntungan pengendalian *blowdown*

Pengendalian *blowdown* boiler yang baik dapat secara signifikan menurunkan biaya

perlakuan dan operasional yang meliputi:

- Biaya perlakuan awal lebih rendah
- Konsumsi air *make-up* lebih sedikit
- Waktu penghentian untuk perawatan menjadi berkurang
- Umur pakai boiler meningkat
- Pemakaian bahan kimia untuk pengolahan air umpan menjadi lebih rendah

Pengolahan Air Umpan Boiler

Memproduksi steam yang berkualitas tergantung pada pengolahan air yang benar untuk mengendalikan kemurnian steam, endapan dan korosi. Sebuah boiler merupakan bagian dari sistim boiler, yang menerima semua bahan pencemar dari sistim didepannya. Kinerja boiler, efisiensi, dan umur layanan merupakan hasil langsung dari pemilihan dan pengendalian air umpan yang digunakan dalam boiler. Jika air umpan masuk ke boiler, kenaikan suhu dan tekanan menyebabkan komponen air memiliki sifat yang berbeda. Hampir semua komponen dalam air umpan dalam keadaan terlarut. Walau demik ian, dibawah kondisi panas dan tekanan hampir seluruh komponen terlarut keluar dari larutan sebagai padatan partikuat, kadang-kadang dalam bentuk kristal dan pada waktu yang lain sebagai bentuk amorph. Jika kelarutan komponen spesifik dalam air terlewati, maka akan terjadi pembentukan kerak dan endapan. Air boiler harus

cukup bebas dari pembentukan endapan padat supaya terjadi perpindahan panas yang cepat dan

efisien dan harus tidak korosif terhadap logam boiler.

Pengendalian endapan

Endapan dalam boiler dapat diakibatkan dari kesadahan air umpan dan hasil korosi dari sistim kondensat dan air umpan. Kesadahan air umpan dapat terjadi karena kurangnya sistim pelunakan. Endapan dan korosi menyebabkan kehilangan efisiensi yang dapat menyebabkan kegagalan dalam pipa boiler dan ketidakmampuan memproduksi steam. Endapan bertindak sebagai isolator dan memperlambat perpindahan panas. Sejumlah besar endapan diseluruh boiler

dapat mengurangi perpindahan panas yang secara signifikan dapat menurunkan efisiensi boiler. Berbagai jenis endapan akan mempengaruhi efisiensi boiler secara berbeda-beda, sehingga sangat penting untuk menganalisis karakteristik endapan. Efek pengisolasian terhadap endapan menyebabkan naiknya suhu logam boiler dan mungkin dapat menyebabkan kegagalan pipa karena pemanasan berlebih.

Kotoran yang mengakibatkan pengendapan

Bahan kimia yang paling penting dalam air yang mempengaruhi pembentukan endapan dalam boiler adalah garam kalsium dan magnesium yang dikenal dengan garam sadah. Kalsium dan magnesium bikarbonat larut dalam air membentuk larutan basa/alkali dan garam-garam tersebut dikenal dengan kesadahan alkali. Garam-garam tersebut terurai dengan pemanasan, melepaskan karbon dioksida dan membentuk lumpur lunak, yang kemudian mengendap. Hal ini disebut dengan kesadahan sementara – kesadahan yang dapat dibuang dengan pendidihan. Kalsium dan magnesium sulfat, klorida dan nitrat, dll., jika dilarutkan dalam air secara kimiawi akan menjadi netral dan dikenal dengan kesadahan non-alkali. Bahan tersebut disebut bahan kimia sadah permanen dan membentuk kerak yang keras pada permukaan boiler yang sulit dihilangkan. Bahan kimia sadah non-alkali terlepas dari larutannya karena penurunan daya larut dengan meningkatnya suhu, dengan pemekatan karena penguapan yang berlangsung dalam boiler, atau dengan perubahan bahan kimia menjadi senyawa yang kurang larut.

Silika

Keberadaan silika dalam air boiler dapat meningkatkan pembentukan kerak silika yang keras. Silika dapat juga berinteraksi dengan garam kalsium dan magnesium, membentuk silikat kalsium dan magnesium dengan daya konduktivitas panas yang rendah. Silika dapat meningkatkan endapan pada sirip turbin, setelah terbawa dalam bentuk tetesan air dalam steam, atau dalam bentuk yang mudah menguap dalam steam pada tekanan tinggi. Dua jenis utama pengolahan air *boiler* adalah pengolahan air internal dan eksternal.

Pengolahan air internal

Pengolahan internal adalah penambahan bahan kimia ke boiler untuk mencegah pembentukan kerak. Senyawa pembentuk kerak diubah menjadi lumpur yang mengalir bebas, yang dapat dibuang dengan *blowdown*. Metode ini terbatas pada boiler dimana air umpan mengandung garam sadah yang rendah, dengan tekanan rendah, kandungan TDS tinggi dalam boiler dapat ditoleransi, dan jika jumlah airnya kecil. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi maka laju *blowdown* yang tinggi diperlukan untuk membuang lumpur. Hal tersebut menjadi tidak ekonomis sehubungan dengan kehilangan air dan panas. Jenis sumber air yang berbeda memerlukan bahan kimia yang berbeda pula. Senyawa seperti sodium karbonat, sodium aluminat, sodium fosfat, sodium sulfit dan komponen sayuran atau senyawa inorganik seluruhnya dapat digunakan untuk maksud ini. Untuk setiap kondisi air diperlukan bahan kimia tertentu. Harus dikonsultasikan dengan seorang spesialis dalam menentukan bahan kimia yang paling cocok untuk digunakan pada setiap kasus. Pengolahan air hanya dengan pengolahan internal tidak direkomendasikan.

Pengolahan Air Eksternal

Reaksi pelunakan:

$Na_2R + Ca(HCO_3)_2$ « $CaR + 2\ Na(HCO_3)$

Reaksi regenerasi

$CaR + 2\ NaCl$ « $Na_2R + CaCl_2$

Pengolahan eksternal digunakan untuk membuang padatan tersuspensi, padatan telarut (terutama ion kalsium dan magnesium yang merupakan penyebab utama pembentukan kerak) dan gas- gas terlarut (oksigen dan karbon dioksida). Proses perlakuan eksternal yang ada adalah:

- Pertukaran ion
- De-aerasi (mekanis dan kimia)
- Osmosis balik
- Penghilangan mineral/ demineralisasi

Sebelum digunakan cara diatas, perlu untuk membuang padatan dan warna dari bahan baku air, sebab bahan tersebut dapat mengotori resin yang digunakan pada bagian pengolahan berikutnya.

Metode pengolahan awal adalah sedimentasi sederhana dalam tangki pengendapan atau pengendapan dalam *clarifiers* dengan bantuan koagulan dan flokulan. Penyaring pasir bertekanan, dengan aerasi untuk menghilangkan karbon dioksida dan besi, dapat digunakan untuk menghilangkan garam-garam logam dari air sumur. Tahap pertama pengolahan adalah menghilangkan garam sadah dan garam non-sadah. Penghilangan hanya garam sadah disebut pelunakan, sedangkan penghilangan total garam dari larutan disebut penghilangan mineral atau demineralisasi. Proses pengolahan air eksternal dijelaskan dibawah ini.

Proses pertukaran ion (Plant Pelunakan)

Pada proses pertukaran ion, kesadahan dihilangkan dengan melewatka air pada *bed* zeolit alam atau resin sintetik dan tanpa pembentukan endapan. Jenis paling sederhana adalah ‗pertukaran basa' dimana ion kalsium dan magnesium ditukar dengan ion sodium. Setelah jenuh, dilakukan regenerasi dengan sodium klorida. Garam sodium mudah larut, tidak membentuk kerak dalam boiler. Dikarenakan penukar basa hanya menggantikan kalsium dan magnesium dengan sodium, maka tidak mengurangi kandungan TDS, dan besarnya *blowdown*. Penukar basa ini juga tidak menurunkan alkalinitasnya. Demineralisasi merupakan penghilangan lengkap seluruh garam. Hal ini dicapai dengan menggunakan resin ―kation", yang menukar kation dalam air baku dengan ion hidrogen menghasilkan asam hidroklorida, asam sulfat dan asam karbonat. Asam karbonat dihilangkan dalam menara *degassing* dimana udara dihembuskan melalui air asam. Berikutnya, air melewati resin ―anion", yang menukar anion dengan asam mineral (misalnya asam sulfat) dan membentuk air. Regenerasi kation dan anion perlu dilakuakan pada jangka waktu tertentu dengan menggunakan asam mineral dan soda kaustik. Penghilangan lengkap silika dapat dicapai dengan pemilihan resin anion yang benar. Proses pertukaran ion, jika diperlukan, dapat digunakan untuk demineralisasi yang hampir total, seperti untuk boiler pembangkit tenaga listrik.

De-aerasi

Dalam de-aerasi, gas terlarut, seperti oksigen dan karbon dioksida, dibuang dengan pemanasan awal air umpan sebelum masuk ke boiler. Seluruh air alam mengandung gas terlarut dalam larutannya. Gas-gas tertentu seperti karbon dioksida dan oksigen, sangat meningkatkan korosi. Bila dipanaskan dalam sistim boiler, karbon dioksida (CO2) dan oksigen (O2) dilepaskan sebagai gas dan bergabung dengan air (H2O) membentuk asam karbonat (H2CO3). Penghilangan oksigen, karbon dioksida dan gas lain yang tidak dapat teremb unkan dari air umpan boiler sangat penting bagi umur peralatan boiler dan juga keamanan operasi. Asam karbonat mengkorosi logam menurunkan umur peralatan dan pemipaan. Asam ini juga melarutkan besi (Fe) yang jika kembali ke boiler akan mengalami pengendapan dan meyebabkan terjadinya pembentukan kerak pada boiler dan pipa. Kerak ini tidak hanya berperan dalam penurunan umur peralatan tapi juga meningkatkan jumlah energi yang diperlukan untuk mencapai perpindahan panas. De-aerasi dapat dilakukan dengan de-aerasi mekanis, de-aerasi kimiawi, atau dua-duanya.

De-aerasi mekanis

De-aerasi mekanis untuk penghilangan gas terlarut digunakan sebelum penambahan bahan kimia untuk oksigen. De-aerasi mekanis didasarkan pada hukum fisika Charles dan Henry. Secara ringkas, hukum tersebut menyatakan bahwa penghilanga oksigen dan karbon dioksida dapat disempurnakan dengan pemanasan air umpan boiler, yang akan menurunkan konsentrasi oksigen dan karbon dioksida di sekitar atmosfir air umpan. De-aerasi mekanis dapat menjadi yang paling ekonomis, beroperasi pada titk didih air pada tekanan dalam *de-aerator*. Deaerasi mekanis dapat berjenis vakum atau bertekanan. De-aerator jenis vakum

beroperasi dibawah tekanan atmosfir, pada suhu sekitar 82^{o} C, dan dapat menurunkan kandungan oksigen dalam air hingga kurang dari 0,02 mg/liter. Pompa vakum atau *steam ejectors* diperlukan untuk mencapai kondisi vakum. De-aerator jenis bertekanan beroperasi dengan membiarkan steam menuju air umpan melalui klep pengendali tekanan untuk mencapai tekanan operasi yang dikehendaki, dan dengan suhu minimum 105oC. Steam menaikan suhu air menyebabkan pelepasan gas O2 dan CO2 yang dikeluarkan dari sistim. Jenis ini dapat mengurangi kadar oksigen hingga 0,005 mg/liter. Steam Bagian Penyimpanan Air Umpan Boiler ang Dide-aersi Bagian *Scrubber (Trays)* Air Umpan Boiler Ventilasi *Spray Nozzle*

Gambar 14. De-aerasi mekanis

Bila terdapat kelebihan steam tekanan rendah, tekanan operasi dapat dipilih untuk menggunakan steam ini sehingga akan meningkatkan ekonomi bahan bakar. Dalam sistim boiler, steam lebih disukai untuk de-aerasi sebab:

1. Steam pada dasarnya bebas dari O2 dan CO2
2. Steam tersedia dengan mudah
3. Steam menambah panas yang diperlukan untuk melengkapi reaksi

De-aerasi kimiawi

Sementara *deaerators* mekanis yang paling efisien menurunkan oksigen hingga ke tingkat yang sangat rendah (0,005 mg/liter), namun jumlah oksigen yang sangat kecil sekalipun dapat menyebabkan bahaya korosi terhadap sistim. Sebagai akibatnya, praktek pengoperasian yang baik memerlukan penghilangan oksigen yang sangat sedikit tersebut dengan bahan kimia pereaksi oksigen seperti sodium sulfit atau hidrasin. Sodium sulfit akan bereaksi dengan oksigen membentuk sodium sulfat yang akan

meningkatkan TDS dalam air boiler dan meningkatkan *blowdown* dan kualitas air *make-up*. Hydrasin bereaksi dengan oksigen membentuk nitrogen dan air. Senyawa tersebut selalu digunakan dalam boiler tekanan tinggi bila diperlukan air boiler dengan padatan yang rendah, karena senyawa tersebut tidak meningkatkan TDS air boiler.

Osmosis balik

Osmosis balik menggunakan kenyataan bahwa jika larutan dengan konsentrasi yang berbedabeda

dipisahkan dengan sebuah membran *semi-permeable*, air dari larutan yang berkonsentrasi lebih kecil akan melewati membran untuk megencerkan cairan yang berkonsentrasi tinggi. Jika cairan yang berkonsentrasi tinggi tersebut diberi tekanan, prosesnya akan dibalik dan air dari larutan ya ng berkonsentrasi tinggi mengalir ke larutan yang lebih lemah. Hal ini dikenal dengan osmosis balik. Membran *semi-permeable* lebih mudah melewatka air daripada bahan mineral yang terlarut. Air pada larutan yang kurang pekat mengalir melalui membran kearah larutan yang lebih

pekat menghasilkan perbedaan *head* yang nyata diantara dua larutan. Perbedaan *head* ini merupakan ukuran perbedaan konsentrasi dua larutan dan menunjukan perbedaan tekanan osmosis Larutan yang lebih pekat Larutan yang kurang pekat Aliran air Larutan akan naik sampai ke titik ini Perbedaan permukaan larutan adalah tekanan osmosis Membran s emi-permeabel Jika tekanan diberikan ke larutan yang pekat, yang kemudian lebih besar dari pada perbedaan tekanan osmosis, arah lintasan air melalui membran dibalik dan terjadi proses yang disebut sebagai osmosis balik. Dimana, kemampuan membran melewatkan air secara selektif tidak

berubah, hanya arah aliran air yang dirubah Air umpan dan konsentrat (aliran *reject*) pada sisi kiri menggambarkan sistim RO yang beroperasi secara sinambung. Kualitas air yang dihasilkan tergantung pada konsentrasi larutan pada sisi tekanan tinggi dan perbedaan tekanan yang melintasi membran. Proses ini cocok untuk air yang memiliki TDS yang sangat tinggi, seperti air laut.

Rekomendasi untuk boiler dan kualitas air umpan

Kotoran yang ditemukan dalam boiler tergantung pada kualitas air umpan yang tidak diolah,proses pengolahan yang digunakan dan prosedur pengoperasian boiler. Sebagai aturan umum, semakin tinggi tekanan operasi boiler akan semakin besar sensitifitas terhadap kotoran.

REKOMENDASI BATAS AIR UMPAN (IS 10392, 1982)

Faktor Hingga 20 kg/cm2 21 - 39 kg/cm2 40- 59 kg/cm2

Total besi (maks.) ppm 0,05 0,02 0,01

Total tembaga (maks.) ppm 0,01 0,01 0,01

Total silika (maks.) ppm 1,0 0,3 0,1

Oksigen (maks.) ppm 0,02 0,02 0,01

Larutan yang lebih pekat

Larutan yang kurang pekat

Aliran air Membran semi -permeabel

Tekanan Larutan lebih pekat

Air segar Aliran air Membran *semi-permeable*

Air umpan Aliran konsentrat

Tekanan

Residu hidrasin ppm - - -0,02-0,04

pH pada 250C 8,8-9,2 8,8-9,2 8,2-9,2

Kesadahan, ppm 1,0 0,5 -

REKOMENDASI BATAS AIR BOILER (IS 10392, 1982)

Faktor Hingga 20 kg/cm2 21 - 39 kg/cm2 40 - 59 kg/cm2

TDS, ppm 3000-3500 1500-2500 500-1500

Total padatan besi terlarut ppm 500 200 150

Konduktivitas listrik spesifik pada 25o C (mho) 1000 400 300

Residu fosfat ppm 20-40 20-40 15-25

pH pada 250C 10-10,5 10-10,5 9,8-10,2

Silika (maks.) ppm 25 15 10

PELUANG EFISIENSI ENERGI

Bagian ini berisikan tentang peluang efisiensi energi hubungannya dengan pembakaran, perpindahan panas, kehilangan yang dapat dihindarkan, konsumsi energi untuk alat pembantu, kualitas air dan *blowdown.* Kehilangan energi dan peluang efisiensi energi dalam boiler dapat dihubungkan dengan pembakaran, perpindahan panas, kehilangan yang dapat dihindarkan, konsumsi energi yang tinggi untuk alat-alat pembantu, kualitas air dan *blowdown* Berbagai macam peluang efisiensi energi dalam sistim boiler dapat dihubungkan dengan:

1. Pengendalian suhu cerobong
2. Pemanasan awal air umpan menggunakan *economizers*
3. Pemanas awal udara pembakaran
4. Minimalisasi pembakaran yang tidak sempurna
5. Pengendalian udara berlebih
6. Penghindaran kehilangan panas radiasi dan konveksi
7. Pengendalian *blowdown* secara otomatis
8. Pengurangan pembentukan kerak dan kehilangan jelaga
9. Pengurangan tekanan steam di boiler
10. Pengendalian kecepatan variabel untuk fan, blower dan pompa
11. Pengendalian beban boiler
12. Penjadwalan boiler yang tepat
13. Penggantian boiler

Semua hal diatas tersebut dijelaskan pada bagian dibawah ini.

Pengendalian Suhu Cerobong

Suhu cerobong harus serendah mungkin. Walau demikian, suhu tersebut tidak boleh terlalu rendah sehingga uap air akan mengembun pada dinding cerobong. Hal ini penting bagi bahan bakar yang mengandung sulfur dimana pada suhu rendah akan mengakibatkan korosi titik embun sulfur. Suhu cerobong yang lebih besar dari 200°C menandakan adanya potensi untuk pemanfaatan kembali limbah panasnya. Hal ini juga menandakan telah terjadi pembentukan kerak pada peralatan perpindahan/ pemanfaatan panas dan sebaiknya dilakukan *shut down* lebih awal untuk pembersihan air / sisi cerobong.

Pemanasan Awal Air Umpan menggunakan *Economizers*

Biasanya, gas buang yang meninggalkan *shell* boiler modern 3 *pass* bersuhu 200 hingga 300^{o}C. Jadi, terdapat potensi untuk memanfaatkan kembali panas dari gas-gas tersebut. Gas buang yang keluar dari sebuah boiler biasanya dijaga minimal pada 200oC, sehingga sulfur oksida dalam gas buang tidak mengembun dan menyebabkan korosi pada permukaan perpindahan panas. Jika digunakan bahan bakar yang bersih seperti gas alam, LPG atau minyak gas, ekonomi pemanfaatan kembali panasnya harus ditentukan sebagaimana suhu gas buangnya mungkin dibawah 200 ^{o}C.

Potensi penghematan energinya tergantung pada jenis boiler terpasang dan bahan bakar yang digunakan. Untuk *shell* boiler dengan model lebih tua, dengan suhu gas cerobong keluar 260 ^{o}C, harus digunakan sebuah *economizer* untuk menurukan suhunya hingga 200 ^{o}C, yang akan meningkatkan suhu air umpan sebesar 15 oC. Kenaikan dalam efisiensi termis akan mencapai

3 persen. Untuk *shell* boiler modern dengan 3 *pass* yang berbahan bakar gas alam dengan suhu gas cerobong yang keluar 140 oC, sebuah *economizer* pengembun akan menurunkan suhu hingga 65 ^{o}C serta meningkatkan efisiensi termis sebesar 5 persen.

Pemanasan Awal Udara Pembakaran

Pemanasan awal udara pembakaran merupakan sebuah alternatif terhadap pemanasan air umpan. Dalam rangka untuk meningkatkan efisiensi termis sebesar 1 persen, suhu udara pembakaran harus dinaikkan 20 oC. Hampir kebanyakan *burner* minyak bakar dan gas yang digunakan dalam sebuah *plant* boiler tidak dirancang untuk suhu pemanas awal udara yang tinggi. *Burner* yang modern dapat tahan terhadap pemanas awal udara pembakaran yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan untuk mempertimbangkan unit seperti itu sebagai penukar panas pada gas buang keluar, sebagai suatu alternatif terhadap *economizer*, jika ruang atau suhu air umpan kembali yang tinggi memungkinkan.

Pembakaran yang Tidak Sempurna

Pembakaran yang tidak sempurna dapat timbul dari kekurangan udara atau kelebihan bahan bakar atau buruknya pendistribusian bahan bakar. Hal ini nyata terlihat dari warna atau asap, dan harus segera diperbaiki. Dalam sistim pembakaran minyak dan gas, adanya CO atau asap (hanya untuk sistim pembakaran minyak) dengan udara normal atau sangat berlebih menandakan adanya masalah pada sistim *burner.* Terjadinya pembakaran yang tidak sempurna disebabkan jeleknya pencampuran udara dan bahan bakar pada *burner*. Jeleknya pembakaran minyak dapat diakibatkan dari viskositas yang tidak tepat, ujung *burner* yang rusak,

karbonisasi pada ujung *burner* dan kerusakan pada *diffusers* atau pelat *spinner.* Pada pembakaran batubara, karbon yang tidak terbakar dapat merupakan kehilangan yang besar. Hal ini terjadi pada saat dibawa oleh grit atau adanya karbon dalam abu dan dapat mencapai lebih dari 2 persen dari panas yang dipasok ke boiler. Ukuran bahan bakar yang tidak seragam dapat juga menjadi penyebab tidak sempurnanya pembakaran. Pada *chain grate stokers*, bongkahan besar tidak akan terbakar sempurna, sementara potongan yang kecil dan halus apat menghambat aliran udara, sehingga menyebabkan buruknya distribusi udara. Pada *sprinkler stokers*, kondisi *grate stoker*, distributor bahan bakar, pengaturan udara dan sistim pembakaran berlebihan dapat mempengaruhi kehilangan karbon. Meningkatnya partikel halus pada batubara juga meningkatkan kehilangan karbon.

Pengendalian Udara Berlebih

Tabel dibawah memberikan jumlah teoritis udara pembakaran yang diperlukan untuk berbagai jenis bahan bakar. Udara berlebih diperlukan pada seluruh praktek pembakaran untuk menjamin pembakaran yang sempurna, untuk memperoleh variasi pembakaran dan untuk menjamin kondisi

cerobong yang memuaskan untuk beberapa bahan bakar. Tingkat optimal udara berlebih untuk efisiensi boiler yang maksimum terjadi bila jumlah kehilangan yang diakibatkan pembakaran yang tidak sempurna dan kehilangan yang disebabkan oleh panas dalam gas buang diminimalkan. Tingkatan ini berbeda-beda tergantung rancangan tungku, jenis *burner*, bahan bakar dan variabel proses. Hal ini dapat ditentukan dengan melakukan berbagai uji dengan perbandingan bahan bakar dan udara yang berbeda-beda.

BAB XVI
UDARA TEKAN



A. PENDAHULUAN

Buku merupakan salah satu kebutuhan hidup manusia dalam usaha untuk meningkatkan kemampuan atau kompetensi diri. Persaingan hidup dan kemajuan teknologi menimbulkan suatu perubahan yang melanda segala aspek kehidupan manusia

Kebutuhan personil pemegang jabatan tenaga teknik khusus yang mempunyai kompetensi kerja standar di bidang industri, makin dirasakan karena sifat industri yang padat teknologi, padat modal dan resik tinggi. **Kompetensi kerja personil merupakan persyaratan minimal yang harus dipenuhi oleh pemegang jabatan tenaga teknik khusus (TTK) bidang industri; antara lain untuk Instrumentasi Air System.**

Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) disusun dengan menggunakan RMCS (Regional Model Of Competency Standard) berdasarkan permintaan pasar (stakeholder) dalam industri migas.

Tujuannya adalah mencetak tenaga ahli yang kompeten dibidangnya dalam usaha pemanfaatan minyak dan gas bumi secara profesional.

SKKNI ini dirumuskan dengan menggunakan acuan/referensi :

1. Undang-Undang No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi.
2. Undang-Undang RI No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
3. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
4. Mijn Politie Reglement 1930 Staadsblad 1930 Nomor 341.
5. Mijn Ordonnantie (Ordonansi Tambang) tahun 1930 No. 38.
6. Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2004 tentang Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP).
7. Peraturan Pemerintah No. 31 Tahun 2006 tentang Sistem Pelatihan Kerja Nasional.

8. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 01/P/M/Pertamb./1980, tentang Pemeriksaan Keselamatan Kerja dan Teknik yang dipergunakan dalam Pertambangan Minyak dan Gas Bumi.

.

B. Deskripsi Singkat

Sistem udara instrumen digunakan untuk instrument-instrumen pneumatik dan dikirimkan sebagai media transmisi yang bersih kering dan andal.

Materi yang ada pada bab ini membantu siswa untuk mampu membuat daftar keperluan jumlah udara instrumen dan mendefinisikan keperluan-keperluan tersebut.

C. Manfaat buku bagi siswa

Buku ini menerangkan mengenai ruang lingkup Instrument Air System yang diperuntukan bagi teknisi, instrumentasi, mekanik dan operator produksi. Materi ini mengarahkan peserta diklat untuk mengetahui secara umum dan meningkatkan kompetensinya dibidang Instrument Air System, sesuai tugas dan ruang linkup pekerjaannya.

D. Tujuan Pembelajaran.

1. Kompetensi dasar

Bab ini berisikan pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan, merawat Instrument Air System.

2. Indikator Keberhasilan

Setelah Selesai diharapkan mampu melakukan :

- Mengetahui prinsip kerja instrument air system
- Memahami fungsi masing – masing peralatan utama pada sytem ini.
- Mampu menjelaskan prinsip kerja per peralatan berdasar diagram blok.
- Mampu mengatasi penyebab kerusakan udara bertekanan
- Mengetahui dan memahami dampak dari instrument air system

E. MATERI POKOK DAN SUB MATERI POKOK

Materi bab ini terdiri atas tiga bab sebagai berikut :

I Pendahuluan berisi tentang tujuan yang akan di capai dari bab Instrumet Air System.

II. Sistem Udara Instrumen

a. Pengertian Umum
b. Udara Instrumen dan Kompressor Udara
c. Tangki penampung
d. Penyaring dan Pengering Udara
e. Pipa distribusi dan PSV
f. Tekanan Catu Udara dan Koneksi Instrumen

Bab.III Kwalitas Standar Udara Instrumen

a. ISA-7.3 Kwalitas Standar Udara Instrumen
b. Tujuan ISA-7.3 dan Definisi
c. Udara instrument, Kwalitas standar
d. Tekanan Udara untuk Kontroler, Transmiter, dan sistem transmisi Pneumatik

e. Definisi-definisi dan Nilai-nilai khusus

f. Tekanan Catu

F. PETUNJUK BELAJAR

Bab ini menjelaskan fhiloshofi dan theori tentang *instrument air system*, yang tentunya masih banyak yang belum tersampaikan karena keterbatasan waktu, untuk itu diharapkan pro-aktif :

a. Peserta diklat hendaknya memiliki motivasi untuk mengetahui masalah *instrument air system* sebagai salah satu alat yang harus dikuasai.
b. Membaca dengan seksama dan selanjutnya membuat rangkuman.
c. Mengerjakan soal latihan mandiri untuk mempercepat penguasaan.
d. Perbanyaklah membaca literature yang terkait dengan *instrument air system* baik dari buku referensi maupun internet.

SISTEM UDARA INSTRUMEN

Indikator keberhasilan : Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta dituntut mampu dan mengetahui prinsip pembuatan udara bertekanan, serta mampu mengoperasikan *instrument air system* dengan benar.

Mampu mendifinisikan standar ISA-7.3 yang berhubungan dengan kwalitas udara instrumen

Mampu mendifinisikan standar ISA-7.4 yang berhubungan dengan tekanan udara instrumen untuk instrumen-instrumen dan mampu mengidentifikasi nilai range dan

A. Pengertian Umum

Sistem udara instrumen digunakan untuk power instrumen-instrumen pneumatik dan sebagai media transmisi antar device dengan kreteria yang dipersyaratkan dng kondisi bersih, kering dan andal. Valve pneumatik, transduser dan valve positioner merupakan komponen yang biasanya dikenal sebagai elemen kontrol akhir dan komponen tersebut perlu catu udara standar yang digunakan untuk operasi dengan benar.

Bab ini akan mendiskusikan standar yang digunakan untuk kualitas, kuantitas, produksi dan distribusi udara instrumen.Instrumentasi yang memerlukan udara bertekanan akan didiskusikan lebih lanjut pada akhir bab ini.

Kebanyakan sistem pneumatik dioperasikan melalui udara tekan dengan tekanan yang diatur, kering dan disaring, meskipun kadang-kadang gas nitrogen atau gas methan juga digunakan, pada daerah yang jauh dimana tidak ada kompresor listrik, sebagai penggantinya adalah gas bertekanan melalui pipa, dan sebagian sistem menggunakan gas bertekanan dari pipa tersebut untuk menyuplai dan mengoperasikan instrumentasi setempat.

Gas ini biasanya perlu persyaratan tertentu bila digunakan sebagai udara instrumen seperti titik embun yang rendah, tidak ada partikel hidrocarbon cair yang kecil-kecil

dan yang terperangkap (butiran-butiran minyak).

Sistem udara instrumen digunakan untuk instrumen-instrumen pneumatik dan dikirimkan sebagai media transmisi yang bersih kering dan andal.

Saat ini dan dimasa mendatang control valve pneumatik adalah tipe yang umum dipakai sebagai elemen kontrol akhir dan aktuator silinder pneumatik juga suatu metode yang umum dipakai untuk cara operasi jarak jauh (on-off), hal ini juga memerlukan sistem udara instrumen.

Pada bab ini akan didiskusikan tentang standar-standar untuk kwalitas, kwantitas, produksi dan distribusi udara instrumen.

Industri instrumentasi yang memerlukan udara instrumen akan didiskusikan pada bab akhir pada bab ini.

B. Udara Instrumen

Banyak instrumen-intrumen penumatik yang dipakai pada hari ini mempunyai jalur jalannya udara dengan diameter yang sangat kecil seperti restriksi, orifice dan lain-lain, dan tanpa memenuhi kwalitas standar udara instrumen untuk devais-devais tersebut, maka pasti akan ditemui kegagalan operasi.

Oleh karena itu udara tekan tersebut perlu diproses untuk memenuhi syarat sebagai berikut:

- Mengandung kandungan air maksimum yang diijinkan agar instrumen tersebut berfungsi secara memuaskan.
- Ukuran partikel yang terperangkap maksimum sehingga terhindar adanya penyumbatan, terhindar dari goresan dan erosi pada jalur jalannya udara dan orifice-orifice yang ada disebelah dalam instrumen-intrumen yang digunakan tersebut.
- Mengandung kandungan minyak maksimum yang diijinkan untuk menghindari malfungsi yang disebabkan adanya penyumbatan dan goresan-goresan pada komponen-komponen tersebut.

Syarat-syarat tersebut diperlukan agar memenuhi syarat kwalitas catu udara instrumen. hal ini akan didiskusikan secara mendetail pada bab akhir bab ini.

Udara proses atau utilitis biasanya digunakan untuk mendayai suatu sistem atau alat dimana perlu udara tekan dengan volume yang besar dan tidak perlu syarat – syarat yang ketat seperti halnya instrumen pneumatik.

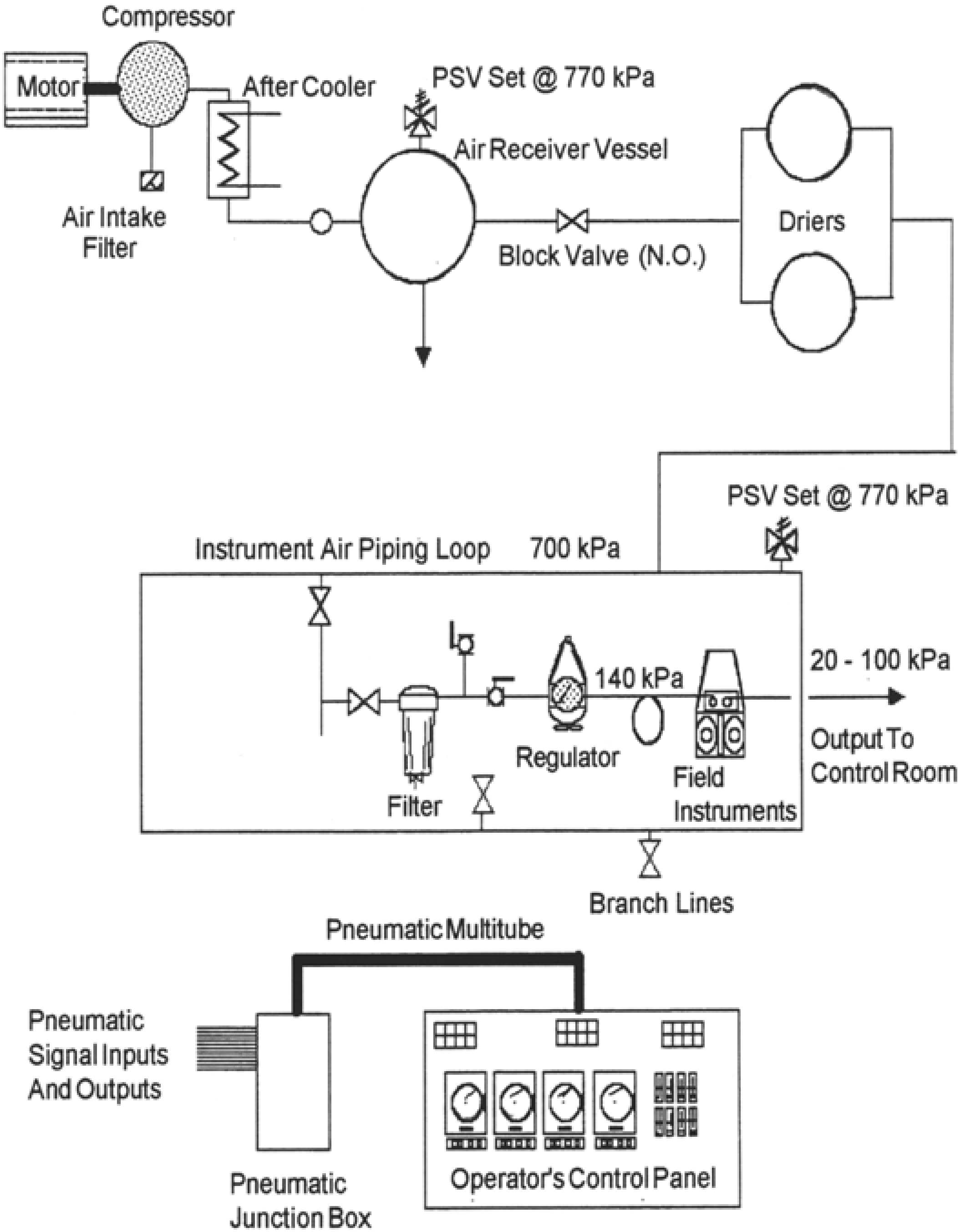
Udara utilitis biasanya tidak perlu membersihkan partikel-partikel atau air seperti standar kwalitas yang diperlukan oleh udara instrumen.

Tipe udara instrumen untuk industri biasanya terdiri dari beberapa komponen utama berikut:

- Kompresor udara
- Pengering dan penyaring udara
- Pipa distribusi dengan pressure sefety valve
- Stasiun penurun tekanan

- Koneksi-koneksi instrumen lapangan

Gambar 1 dibawah ini. menunjukkan sistem pneumatik instrumen sederhana



Gambar 1: Sistem dan Ekuipmen Udara Instrumen

C. Kompresor Udara

Kompresor udara dipilih atas dasar pemakaian jumlah udara dan biasanya dalam satuan standard cubic feet per minute (scfm) atau cubic meter per minute (m^3/min).

Pada plan yang besar mungkin perlu dua tau tiga unit;

Unit kompresor tersebut bisa berupa tipe reciprocal atau rotari, tunggal atau multistage, dan biasanya digerakkan oleh motor listrik, turbin gas atau mesin disel. Tipe kompresor akan didiskusikan pada bab akhir bab ini.

Kapasitas kompresor ditentukan oleh keperluan aliran udara plan. Pemakaian udara pada plan ditentukan oleh jumlah maksium pemakaian udara (kira-kira 0,02 m^3/menit) untuk setiap devais dan adanya kebocoran.

D. Tangki Penampung

Tangki penampung udara dirancang berdasar jumlah kapasitas penyimpanan pada sistem dan juga adanya tambahan untuk menghindari fluktuasi tekanan.

Fungsi lainya juga sebagai penguat dan pemisah antara udara dan air yang terkondensasi dalam proses pembuatan udara bertekanan

E. Penyaring dan Pengering Udara

Udara tekan yang baru saja keluar dari kompresor biasanya relatip basah, dan mengandung kotoran-kotoran dan minyak-minyak sisa dari kompresornya sendiri.

Karena udara tersebut harus bersih dan kering, maka perlu menghilangkan kandungan air dan kotoran-kotoran tersebut.

Pengering udara ada beberapa tipe, umumnya pengering regenerasi. Dua menara perlu diisi dengan partikel pengadsorbsi (seperti alumina aktif).

Pengering yang satu dalam kondisi on-line, sedang pengering yang lain dalam kondisi off-line diregenerasi dengan udara panas. Siklus regenerasi biasanya dikontrol dengan sistem sekuensi waktu otomatis.

Secara normal pengering biasanya dihubungkan dengan pre-filter (untuk menghilangkan partikel-partikel kotoran, butiran-butiran kecil air dan minyak sebelum ia masuk ke pengering) dan after-filter (untuk mencegah zat-zat pengering yang pecah masuk ke header udara).

Penyaring udara biasanya juga dipasang pada header pencatu udara instrumen, dan untuk mengatur catu udara ke instrumen-instrumen yang ada dilapangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Filter atau penyaring berfungsi untuk menghilangkan partikel-partikel kotoran dan kerak-kerak, dan juga untuk memperangkap air dan minyak. Dalam beberapa hal ada gabungan antara filter dan regulator yang dapat digunakan sebagai catu udara langsung pada transmiter atau valve tunggal.

F. Pipa Distribusi dan Pressure Safety Valve

Pipa utama yang digunakan untuk mengirim udara instrumen keseluruh plan biasanya mempunyai diameter 50,8 mm (2 inch) skedul 40 dengan bahan dari carbon steel. Pipa cabang catu udara yang menghubungkan header isntrumen individu biasanya berdiameter 25,4 mm (1 inch) dengan bahan dari pipa galvanis.

Pressure safety valve berfungsi untuk membuang tekanan lebih.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1. penampung udara akan membuang tekanan bila udara yang diblok kembali mengalir ke tangki penampung udara. Relief valve yang ada pada main air header akan membuang tekanan lebihnya bila terjadi kebakaran atau kejadian-kejadian yang lain yang menyebabkan tekanan menjadi tinggi.

G. Tekanan Catu Udara

Stasiun penurun tekanan dalam aplikasinya adalah sebuah pengatur tekanan dengan berbagai ukuran dan tipe. Stasiun penurun tekanan berfungsi menurunkan tekanan udara dari 700 kPa (102 psi) menjadi level yang dapat digunakan yaitu 140 kPa (20 psi).

Untuk instrumen-instrumen biasanya menggunakan tekanan 20 – 100 kPa (3 – 15 psi), standar ISA S7.4 mengijinkan tekanan catu maksimum 140 kPa (20 psi). Tekanan catu ini harus cukup untuk mengirim volume udara yang cukup, karen bila terlalu tinggi

akan menyebabkan rusaknya instrumen-instrumen tersebut.

Tekanan catu harus konstan untuk menghindari kesalahan dalam pengukuran. Hal ini sangat penting untuk menghindari tekanan yang turun pada pipa catu yang mencatu pada instrument suplai header.

H. Koneksi Instrumen

Tubing catu udara dari pipa valve menuju ke regulator ukuran minimum harus 9,5 mm (3/8 inch) dengan bahan tubing berasal dari pvc jacketed cooper, plated carbon steel atau stainless steel untuk menghindari tekanan drop yang berarti, terutama untuk control valve.

Untuk menghindari masalah vibrasi dapat menggunakan koneksi tubing flexible air hose dengan pertimbangan terjadinya preesure droop. Koneksi tubing hampir selalu bertipe fitting.

Fitting dengan tipe flare lama jarang digunakan meskipun masih dipakai pada generator disel.

Mur tubing harus tidak boleh longgar; pabrik seperti *Swagelock* menyediakan gauge untuk mengecek kekencangan mur tersebut.

KWALITAS STANDAR UDARA INSTRUMENT

Indikator keberhasilan : Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diklat dituntut mampu :

1.Mampu mendifinisikan standar ISA-S7.3 yang berhubungan dengan kwalitas udara instrumen

2. Mampu mendifinisikan standar ISA-S7.4 yang berhubungan dengan tekanan udara instrumen untuk instrumen-instrumen dan mampu mengidentifikasi nilai range dan tekanan catu yang direkomendasikan standar

ISA-S7.3 Kwalitas Standar Udara Instrumen

ISA – S7.3 mempunyai maksdud menstandarkan untuk menetapkan nilai atau batasan kwalitas udara yang dipergunakan untuk mengerakan atau sebagai catu instrumen pneumatic.

TUJUAN ISA-S7.3

Tujuan dari ISA – S7.3 adalah :

- Menetapkan kandungan air maksimum yang diijinkan agar instrumen berfungsi secara memuaskan.
- Menetapkan ukuran maksimum partikel yang terperangkap agar terhindar penyumbatan dan goresan/erosi pada jalur jalannya udara dan orifice.
- Menetapkan kandungan minyak maksimum yang diijinkan untuk menghindari malfungsi akibat penyumbatan dan goresan komponen-komponen tersebut.
- Menetapkan kemungkinan-kemungkinan sumber–sumber korosip atau zat-zat pengkotaminan yang beracun yang masuk ke sistem udara; melalui pengisapan yang dilakukan oleh kompresor, sistem

plan udara melalui koneksi-koneksinya, atau koneksi-koneksi udara instrumen langsung yang berhubungan dengan proses.

DEFINISI

Untuk memahami tentang apa yang dimaksud dengan udara yang berkwalitas sesuai yang dipersyaratkan ISA – S7.3, perlu adanya penekan dan pendifinisian.

- **Temperatur Titik Embun**

  Temperatur adalah dimana pada tekanan khusus uap air mulai mengembun atau mengkondensasi dari uap menjadi fluida cair.

- **Titik Embun (pada tekanan saluran pipa) (untuk tujuan standar ini)**

  Nilai titik embun udara pada tekanan saluran pipa sistem udara tekan (biasanya diukur pada outlet sistem pengering atau pada sumber catu udara instrumen, terutama pada tekanan yang menurun). Jika referensinya titik embun pada tekanan saluran udara, harus mempunyai nilai; contoh, titik embun – 40 ^{o}C (-40^{o}F) tekanan pada 100 psig.

- **Mikrometer.**

  Satuan metrik dengan nilai 10-6 meter atau 0,000001 meter (selanjutnya disebut ”mikron”).

- **Part per million (ppm).**

  Menggambarkan bagian per juta dan harus diberikan pada satuan berat. Dengan singkatan ppm (w/w). Jika tidak menyukai data berat

(w/w), maka dapat menggunakan satuan volume; (v/v) baru ditetapkan setelah ppm; contoh, 5 ppm (v/v) atau 7 ppm (w/w).

- **Temperatur Ambien (Untuk tujuan Standar)**
  Temperatur atmosphir meliputi daerah seluruh instalasi sistem udara instrumen, termasuk kompresor, perpipaan, pengering, dan instrumen-instrumen.

- **Relative Humidity (Kelembaban)**
  Perbandingan antara banyaknya uap air yang terkandung dalam udara pada temperatur dan tekanan tertentu terhadap jumlah maksimumnya pada temperatur dan tekanan kondisi jenuh.

UDARA INSTRUMEN, KWALITAS STANDAR

Standar ini menetapkan empat elemen kwalitas udara instrumen yang digunakan untuk instrumen pneumatik.

A. Titik embun (pada tekanan saluran pipa)

Udara instrument akan terpengaruhi kwalitasnya karena disebabkan oleh beberapa hal, semua ini terkait dengan model instalasi dan tempat. Instalasi yang berada diluar ruangan berbeda yang ada di dalam ruangan, berikut ini penjelasannya

- Instalasi disebelah luar ruangan (dimana sebagian sistem udara instrumen diekspos terhadap kondisi atmosphir diluar ruangan).
  Titik embun pada tekanan saluran pipa minimal pada 10 ^{o}C (18^{o}C) dibawah temperatur ambien minimal rekaman setempat pada tempat plan.

- Instalasi di dalam ruangan (dimana seluruh sistem udara instrumen diinstalasi).
  Titik embun pada tekanan pipa saluran minimal 10 ^{o}C (18 ^{o}F) dibawah temperatur minimal dimana sebagian sistem udara instrumen diekspos disepanjang tahun. Titik embun tidak boleh melebihi tekanan saluran pipa sebesar 2 ^{o}C (kira-kira 35 ^{o}F).

- **Ukuran Partikel**

Ukuran partikel maksimum pada aliran udara instrumen harus tiga (3) mikrometer.

- **Kandungan minyak**
  Total kandungan minyak atau hidrokarbon maksimum tanpa terkondensasi harus se-nol (0) w/w atau v/v mungkin; dan tidak boleh melebihi satu (1) ppm w/w atau v/v pada kondisi operasi normal.

- **Zat zat Pengkotaminan**
  Udara instrumen harus bebas dari gas-gas yang berbahaya dan gas-gas kontaminan yang menyebabkan korosip, mudah terbakar atau beracun, yang mungkin terikut pada aliran udara instrumen. Jika ada zat pengkontaminan pada daerah intake kompresor, udara

harus diambil pada daerah yang lebih tinggi atau pada lokasi yang jauh yang bebas dari zat-zat pengkontaminan atau zat-zat tersebut perlu diproses untuk dihilangkan. Koneksi proses ke pipa udara instrumen harus diisolasi untuk menghindari zat-zat pengkontaminan masuk ke sistem udara.

Pengecekkan secara periodik dan teratur harus dilakukan untuk menjamin kwalitas udara intrumen tetap bermutu tinggi.

CATATAN: Menurut ANSI istilah ”mikron” untuk satuan dengan ”mikrometer” yang digunakan dalam standar ini.

CATATAN: Tidak semua devais pneumatik memerlukan syarat kwalitas udara ini namun devasi yang lain perlu kwalitas udara yang lebih tinggi. Perbaikan atau tambahan-tambahan standar mungkin diperlukan untuk sistem pneumatik khusus.

Tekanan Udara untuk Kontroler, Transmiter, dan sistem transmisi Pneumatik

Tekanan standar untuk instrumen pneumatik dapat dijumpai pada ISA-7.4 Tekanan Udara untuk Kontroler, Transmiter, dan Sistem Transmisi Pneumatik yang diterangkan secara mendetail dibawah.

ISA S7.4 Tekanan untuk Kontroler, Transmiter dan Sistem Transmis Pneumatik

A. Maksud dan Tujuan

1.1 Standar ini menjelaskan secara rinci sinyal transmisi pneumatik yang digunakan pada sistem pengontrolan dan pengukuran pada indusri proses untuk mentransmisikan informasi diantara elemen yang satu ke elemen yang lain pada sistem. Meskipun tidak semua elemen menggunakan sinyal ini.

Sinyal ini hanya dipakai pada elmen-elemen sebagai berikut:

- Kontroler Pneumatik
- Transmiter Pneumatik
- Sistem Transmisi Informasi
- Transduser Arus menjadi Tekanan
- Transduser Tekanan menjadi Arus

Tujuan standar ini ditetapkan adalah:

a. Range tekanan operasi standar untuk sistem transmisi informasi pneumatik.
b. Tekanan catu udara standar (dengan nilai terbatas) untuk mengoperasikan kontroler, transmiter, Sistem transmisi informasi pneumatik, tranduser arus menjadi tekanan dan devais-devais serupa.

Catatan:

Untuk kontroler dan transmiter pneumatik, standar tekanan catu udara digunakan secara langsung. Namun, biasanya output kontroler dihubungkan ke aktuator valve atau bentuk posisionir valve (mungkin perlu tranduser arus menjadi tekanan). Agar valve pada posisi sebenarnya, maka tekanan udara divariasi dari mendekati nilai nol sampai ke dekat tekanan catu. Range ekstra ini diperlukan agar kinerja elemen kontrol akhir bekerja pada nilai sebenarnya. Response linier terbatas pada range operasi nominal dan umumnya untuk devais kontroler adalah pada 20 sampai 100 kPa (3 – 15 psi).

Definisi – definisi

1. **Elemen-elemen sistem pengontrolan dan pengukuran industri proses**

   Unit-unit fungsi atau gabungan dari unit-unit tersebut untuk menjamin fungsi dari nilai pengukuran proses, nilai pengukuran transmisi, tranduser, variabel kontrol dan variabel-variabel referensi. Aktuator valve digabungkan dengan tranduser arus menjadi tekanan, posisionir valve, atau relay booster yang dianggap sebagai elemen penerima sinyal transmisi pneumatik standar atau sinyal transmisi arus listrik.

2. **Kontroler Pneumatik**

   Sebuah devais kontroler adalah yang membandingkan nilai variabel terhadap referensi terpilih dan cara operasinya menggunakan sinyal pneumatik untuk mengkoreksi adanya simpangan.

3. **Sistem transmisi informasi pneumatik**

   Sebuah sistem informasi pneumatik adalah sebuah sistem untuk membawa informasi yang terdiri dari (1) mekanisme transmisi yang merubah informasi input menjadi tekanan udara yang sesuai, (2) tubing anta koneksi dan (3) elemen penerima yang meresponse tekanan udara yang dihasilkan oleh output langsung sesuai dengan informasi input.

4. Transduser arus menjadi tekanan

Sebuah devais yang menerima sinyal listrik analog dan merubahnya menjadi tekanan udara yang sesuai.

5 Sinyal transmisi pneumatik

Sebuah sinyal yang digunakan untuk transmisi informasi dengan nilai bervariasi secara kontinyu.

6 Nilai ukur sinyal transmisi pneumatik – Nilai yang ditunjukkan pada saa itu.

7 Range sinyal transmisi pneumatik

Range yang ditentukan oleh batas terendah dan batas tertinggi dari sinyal tekanan.

8 Span sinyal transmisi pneumatik

Selisih antara nilai range transmisi tekanan pneumatik batas tertinggi dengan batas terendah.

9 Batas Terendah

Sinyal pneumatik yang sama dengan nilai minimum dari input yang ditransmisikan.

10 Batas Tertinggi

Sinyal pneumatik yang sama dengan nilai maksimum dari input yang ditransmisikan.

11 Tekanan catu

Tekanan catu pneumatik yang memungkinkan elemen sistem menghasilkan sinyal transmisi pneumatik tertentu pada standar ini untuk dikirim ke valve atau elemen akhir agar bisa beroperasi.

NILAI-NILAI KHUSUS

Range sinyal transmisi tekanan pneumatik

1. Span (dipilih) 80 kPa (12 psi). Range tekanan 80 kPa dari span tekanan operasi antara 20 kPa (3 psi) sampai 100 kPa (15 psi).

2. Span 160 kPa (24 psi). Range tekanan operasi 160 kPa untuk span tekanan operasi antara 40 kPa (6 psi) sampai 200 kPa (30 psi).

Tekanan Catu

Batas tekanan catu

1. Span 80 kPa (12 psi). Sebuah nilai dengan minimum 130 kPa (19 psi) dan maksimum 150 kPa (22 psi).

2. Span 1660 kPa (24 psi). Sebuah nilai dengan minimum 260 kPa (38 psi) dan maksimum 300 kPa (44 psi).

Soal Ujian Sendiri

1. Apa fungsi sistem udara instrumen?
2. Jelaskan tiga kriteria dasar udara instrumen yang yang diperlukan?
3. Apa definisi tujuan standar ISA S7.3?
4. Jelaskan range nilai dan tekanan catu udara yang direkomendasikan oleh standar ISA S.7.4

Jawaban soal Ujian Sendiri

1. Fungsi sistem udara instrumen, dirancang untuk dikirimkan dan didistribusikan sebagai udara instrumen yang bermutu, bersih dan kering.

2. Udara instrumen harus mempunyai kriteria tertentu:

   - Mengandung kelembaban pada nilai maksimum yang diijinkan
   - Ukuran partikel Maksimum
   - Mengandung oil pada nilai maksimum yang diijinkan

4. Tujuan ISA S7.3 adalah sebagai ketetapan nilai kwalitas udara instrumen

5. Range nilai yang direkomendasikan adalah:

   - Span = 80 kPa (12 psi). Range = 20 – 100 kPa (3 – 15 psi).
     Tekanan suplai = 130 – 150 kPa (19 – 22 psi)

   - Span = 160 kPa (24 psi). Range = 40 – 200 kPa (6 – 30 psi).
     Tekanan suplai = 260 – 300 kPa (38 – 44 psi)

Tugas

1. Apa fungsi sistem udara instrumen?

2. Apa beda antara udara instrumen dan udara utilitis?

3. Menurut standar ISA apa standar kwalitas udara instrumen?

4. Buat gambar dan beri label diagram blok sistem udara instrumen.

5. Identifikasi masing-masing dari empat elemen standar ISA S7.3 terhadap kwalitas udara.

6. Definisikan tujuan standar ISA S7.4

BAB XVII
NITROGEN PLANT



NITROGEN (N_2)

1. PENDAHULUAN

Nitrogen (N_2) banyak terdapat di udara atmosfir sekitar 78,03 % volume atau sekitar 75,5 % berat. Nitrogen adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan bersifat inert pada kondisi biasa. Pada suhu yang sangat tinggi, nitrogen mudah bergabung dengan logam-logam yang reaktif seperti Lithium dan Magnesium membentuk nitrida, disamping itu juga mudah bergabung dengan hidrogen, oksigen dan elemen-elemen yang lain. Karena sifatnya yang hampir inert, maka ia dapat digunakan untuk memproteksi terjadinya kontaminasi atmosferik. Nitrogen hanya sedikit sekali larut dalam air dan hampir semua liquida, dan bukan sebagai konduktor panas maupun listrik yang baik. Karena penganan dan proses produksi nitrogen erat kaitannya dengan oksigen, maka dalam pembahasan ini disinggung sedikit tentang pengenalan sifat-sifat dan penaganan oksigen.

2. SIFAT-SIFAT NITROGEN DAN OKSIGEN

2.1. Sifat-sifat fisis

Untuk menangani nitrogen maupun oksigen di dalam penggunaannya pada berbagai macam industri perlu diperhatikan sifat-sifat fisis maupun termodinamikanya. Tabel (1) dan (2) menunjukkan sifat-sifat fisis yang dimiliki nitrogen dan oksigen.

Tabel (1): Sifat-sifat fisis nitrogen

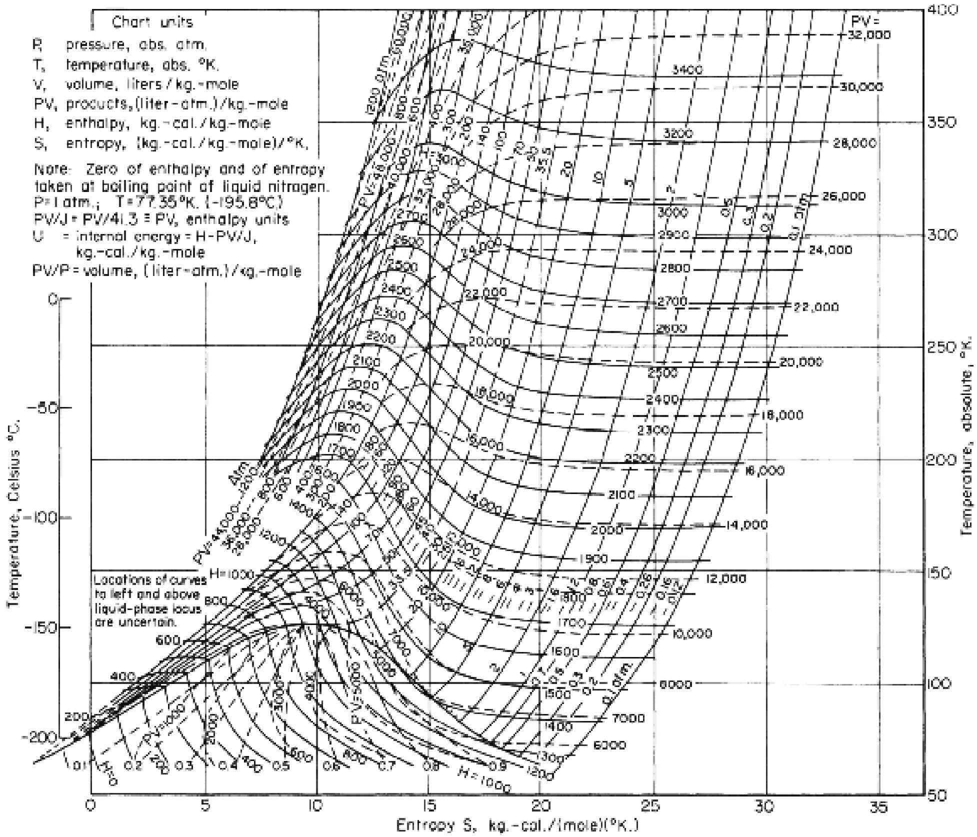
Molecular Formula	: N_2
Molecular Weight	: 28.01
Boiling Point @ 1 atm	: -320.5°F (-195.8°C, 77°K)
Freezing Point @ 1 atm	: -346.0°F (-210.0°C, 63°K)
Critical Temperature	: -232.5°F (-146.9°C)
Critical Pressure	: 492.3 psia (33.5 atm)
Density, Liquid @ BP, 1 atm	: 50.45 lb/scf
Density, Gas @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.0725 lb/scf
SG, Gas (air=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.967
SG, Liquid (water=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.808
Specific Volume @ 68°F (20°C), 1 atm	: 13.80 scf/lb
Latent Heat of Vaporization	: 2399 BTU/lb mole
Expansion Ratio, Liquid to Gas, BP to 68°F (20°C)	: 1 to 694

Tabel (2): Sifat-sifat fisis oksigen

Molecular Formula	: O_2
Molecular Weight	: 31.999
Boiling Point @ 1 atm	: -297.4°F (-183.0°C, 90^{o}K)
Freezing Point @ 1 atm	: -361.9°F (-218.8°C, 54^{o}K)
Critical Temperature	: -181.8°F (-118.4°C)
Critical Pressure	: 729.1 psia (49.6 atm)
Density, Liquid @ BP, 1 atm	: 71.23 lb/scf
Density, Gas @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.0831 lb/scf
SG, Gas (air=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 1.11
SG, Liquid (water=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 1.14
Specific Volume @ 68°F (20°C), 1 atm	: 12.08 scf/lb
Latent Heat of Vaporization	: 2934 BTU/lb mole
Expansion Ratio, Liquid to Gas, BP to 68°F (20°C)	: 1 to 860
Solubility in Water @ 77°F (25°C), 1 atm	: 3.16% by volume

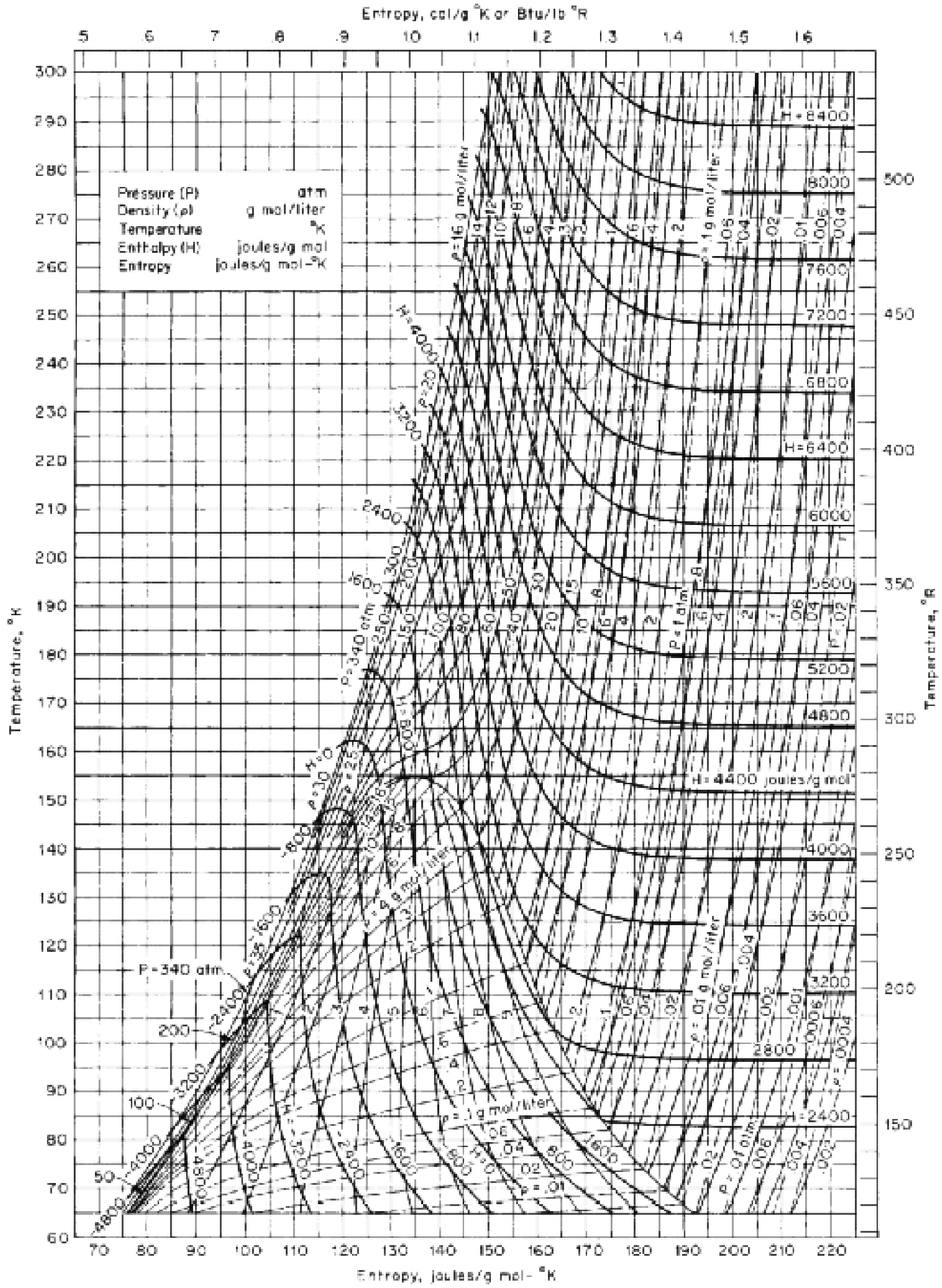
2.2. Sifat-sifat termodinamis

Panas juga merupakan salah satu bentuk energi, dan perubahan bentuk akibat panas akan sama dengan yang diakibatkan oleh kerja. Karena dalam termodinamika sulit untuk memperoleh nilai absolut energi, maka sering dinyatakan sebagai perbedaan keadaan awal dan akhir sistem. Besarnya panas yang terkandung di dalam suatu zat sangat tergantung pada kondisi (suhu dan tekanan) dimana ia berada. Panas yang terkandung untuk setiap satuan masa zat pada kondisi tertentu dinyatakan sebagai enthalpy, sedangkan besarnya enthalphy untuk setiap perubahan suhu dinyatakan sebagai entropi. Seperti yang terlihat dalam gambar (1) s/d (2) masing-masing menunjukkan hubungan antara suhu dan entropy serta besaran-besaran lain untuk nitrogen dan oksigen. Sedangkan gambar (3) menunjukkan hubungan antara konsentrasi dan enthalpy campuran nitrogen-oksigen. Dengan mengetahui perubahan enthalpu ataupun entropy dapat digunakan untuk menentukan besarnya bentuk energi lain di dalam proses penangan nitrognen maupun oksigen.



Gambar (1): Diagram Suhu-Entropy (T-S) Nitrogen

Perubahan enthalpy maupun entropy juga dapat akibatkan oleh adanya perubahan fase (bentuk) padat ke cair, cair ke gas, dan sebaliknya meskipun tanpa mengalami perubahan suhu. Perubahan panas sepertri ini dikenal sebagai panas laten peleburan, penguapan, pengembunan, atau pembekuan.

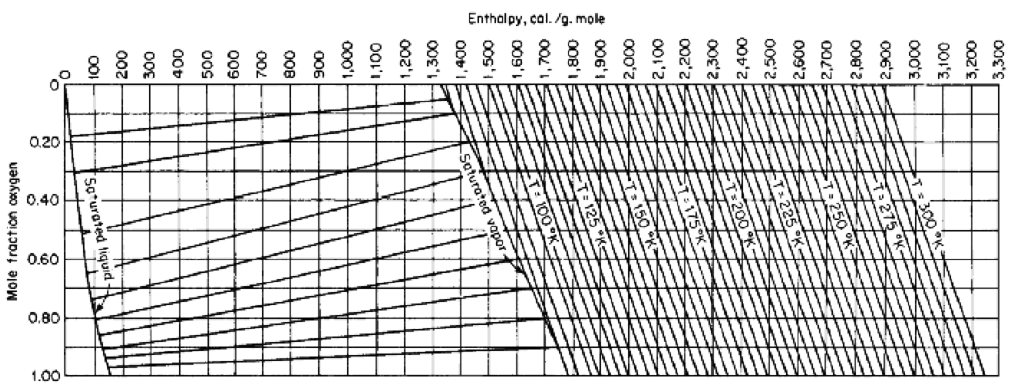


Gambar (2): Diagram Suhu-Entropy (T-S) Oksigen

Melalui condenser, gas nitrogen ataupun oksigen dapat diembunkan pada suhu tetap maupun tekanan tetap, demikian juga pada proses penguapannya. Besarnya

perubahan enthalpy maupun entropy dari keadaan awal ke keadaan akhir proses dapat ditentukan dengan menggunakan gambar (1) s/d (3).

Beberapa proses termodinamika yang dialami dalam penangan maupun penggunaan gas seperti nitrogen dan oksigen kemungkinannya adalah proses kompresi, ekspansi, condensasi, atau evaporasi. Di dalam proses-proses tersebut ada kalanya salah satu kondisi dipertahankan, misalnya suhu konstan, tekanan konstan, entropy konstan, atau enthalpy konstan.



Gambar (3): Diagram Consentrasi-Enthalpy (C-H)

Campuran Oksigen-Nitrogen

3. FAKTOR KOMPRESIBILITAS

Mudah tidaknya suatu fluida dialirkan sangat tergantung pada viskositas dan densitas, namun di dalam menentukan seberapa besar laju alir gas tidak seperti halnya fluida cair yang secara fisik volumenya tidak dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Gas adalah fluida kompresibel, artinya kondisi suhu dan tekanannya mempengaruhi besarnya volume. Untuk menentukan besarnya volume yang sebenarnya harus

mempertimbangkan faktor kompresibilitas (yaitu faktor pengali untuk mengoreksi volume gas).

Besarnya faktor kompresibilitas sangat tergantung pada kondisi kritis dan kondisi sebenarnya, dalam hal ini suhu dan tekanan. Untuk gas tertentu seperti nitrogen dan oksigen yang telah diketahui kondisi kritisnya, maka berdasarkan kondisi suhu dan tekanan yang sebenarnya (kondisi operasi) faktor kompresibilitasnya dapat ditentukan secara mudah dengan menggunakan tabel (3) dan (4).

Tabel (3): Faktor Kompresibilitas Nitrogen

	Pressure, bar											
Temp., K	1	5	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
70	0.0057	0.0287	0.0573	0.1143	0.2277	0.3400	0.4516	0.5623	1.1044	1.6308	Solid	Solid
80	0.9593	0.0264	0.0528	0.1053	0.2093	0.3122	0.4140	0.5148	1.0061	1.4797	1.9396	2.3879
90	0.9722	0.0251	0.0500	0.0996	0.1975	0.2938	0.3888	0.4826	0.9362	1.3700	1.7890	2.1962
100	0.9798	0.8910	0.0487	0.0966	0.1905	0.2823	0.3720	0.4605	0.8840	1.2852	1.6707	2.0441
120	0.9883	0.9397	0.8732	0.7059	0.1975	0.2822	0.3541	0.4438	0.8188	1.1684	1.5015	1.8223
140	0.9927	0.9635	0.9253	0.8433	0.6376	0.4251	0.4278	0.4799	0.7942	1.0996	1.3920	1.6726
160	0.9952	0.9766	0.9529	0.9042	0.8031	0.7017	0.6304	0.6134	0.8107	1.0708	1.3275	1.5762
180	0.9967	0.9846	0.9690	0.9381	0.8782	0.8125	0.7784	0.7530	0.8550	1.0659	1.2893	1.5105
200	0.9978	0.9897	0.9791	0.9592	0.9212	0.8882	0.9621	0.8455	0.9067	1.0760	1.2683	1.4631
250	0.9992	0.9960	0.9924	0.9857	0.9741	0.9655	0.9604	0.9589	1.0048	1.1143	1.2501	1.3962
300	0.9998	0.9990	0.9983	0.9971	0.9964	0.9973	1.0000	1.0052	1.0559	1.1422	1.2480	1.3629
350	1.0001	1.0007	1.0011	1.0029	1.0069	1.0125	1.0189	1.0271	1.0810	1.1560	1.2445	1.3405
400	1.0002	1.0011	1.0024	1.0057	1.0125	1.0199	1.0283	1.0377	1.0926	1.1609	1.2382	1.3216
450	1.0003	1.0018	1.0033	1.0073	1.0153	1.0238	1.0332	1.0430	1.0973	1.1606	1.2303	1.3043
500	1.0004	1.0020	1.0040	1.0081	1.0167	1.0257	1.0350	1.0451	1.0984	1.1575	1.2213	1.2881
600	1.0004	1.0021	1.0040	1.0084	1.0173	1.0263	1.0355	1.0450	1.0951	1.1540	1.2028	1.2657
800	1.0004	1.0017	1.0036	1.0074	1.0157	1.0237	1.0320	1.0402	1.0832	1.1264	1.1701	1.2140
1000	1.0003	1.0015	1.0034	1.0067	1.0136	1.0205	1.0275	1.0347	1.0714	1.1078	1.1449	1.1814

Tabel (4): Faktor Kompresibilitas Oksigen

	Pressure, bar											
Temp., K	1	5	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
75	0.0043	0.0213	0.0425	0.0849	0.1693	0.2533	0.3368	0.4200	0.8301	1.2322	1.6278	2.0175
80	0.0041	0.0203	0.0406	0.0811	0.1616	0.2418	0.3214	0.4007	0.7912	1.1738	1.5495	1.9196
90	0.0038	0.0188	0.0376	0.0750	0.1494	0.2233	0.2966	0.3696	0.7281	1.0780	1.4211	1.7580
100	0.9757	0.0177	0.0354	0.0705	0.1404	0.2096	0.2783	0.3464	0.6798	1.0040	1.3206	1.6309
120	0.9855	0.9246	0.8367	0.0660	0.1302	0.1935	0.2558	0.3173	0.6148	0.8999	1.1762	1.4456
140	0.9911	0.9535	0.9034	0.7852	0.1334	0.1940	0.2527	0.3099	0.5815	0.8374	1.0832	1.3214
160	0.9939	0.9697	0.9379	0.8689	0.6991	0.3725	0.2969	0.3378	0.5766	0.8058	1.0249	1.2364
180	0.9960	0.9793	0.9579	0.9134	0.8167	0.7695	0.5954	0.5106	0.6043	0.8025	0.9990	1.1888
200	0.9970	0.9853	0.9705	0.9399	0.8768	0.8140	0.7534	0.6997	0.6720	0.8204	0.9907	1.1623
250	0.9987	0.9938	0.9870	0.9735	0.9477	0.9237	0.9030	0.8858	0.8563	0.9172	1.0222	1.1431
300	0.9994	0.9968	0.9941	0.9884	0.9771	0.9676	0.9597	0.9542	0.9560	0.9972	1.0689	1.1572
350	0.9998	0.9990	0.9979	0.9961	0.9919	0.9890	0.9870	0.9870	1.0049	1.0451	1.1023	1.1722
400	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0003	1.0011	1.0022	1.0045	1.0305	1.0718	1.1227	1.1816
450	1.0002	1.0007	1.0015	1.0024	1.0048	1.0074	1.0106	1.0152	1.0445	1.0859	1.1334	1.1859
500	1.0002	1.0011	1.0022	1.0038	1.0075	1.0115	1.0161	1.0207	1.0523	1.0927	1.1380	1.1866
600	1.0003	1.0014	1.0024	1.0052	1.0102	1.0153	1.0207	1.0266	1.0582	1.0961	1.1374	1.1803
800	1.0003	1.0014	1.0026	1.0055	1.0109	1.0164	1.0219	1.0271	1.0565	1.0888	1.1231	1.1582
1000	1.0003	1.0013	1.0026	1.0053	1.0101	1.0149	1.0198	1.0253	1.0507	1.0783	1.1072	1.1369

4. PENGGUNAAN NITROGEN

Nitrogen mempunyai kegunaan yang sangat luas di dalam pemakaiannya secara komersial maupun teknis. Sebagai gas ia banyak digunakan untuk keperluan-keperluan seperti berikut:

(a). Pengadukan larutan pencuci film berwarna pada photo graphic processing

(b). Reaktan atau bahan baku dalam pembuatan pupuk

(c). Penyelimutan liquida yang peka terhadap oksigen

(d). Sebagai carrier media pemadam kebakaran

(e). Penekan ban pesawat terbang

(f). Sebagai bahan dasar untuk industri kimia

(g). Untuk pengusiran gas (purging)

(h). Dsb.

Sebagai cairan ia banyak digunakan untuk keperluan-keperluan seperti berikut:

(a). Refrigerant

(b). Pendinginan peralatan elektronik

(c). Penyerbukan plastik (plastic pulverizing)

(d). Penyerbukan bahan makanan

(e). Pengawetan bahan makanan

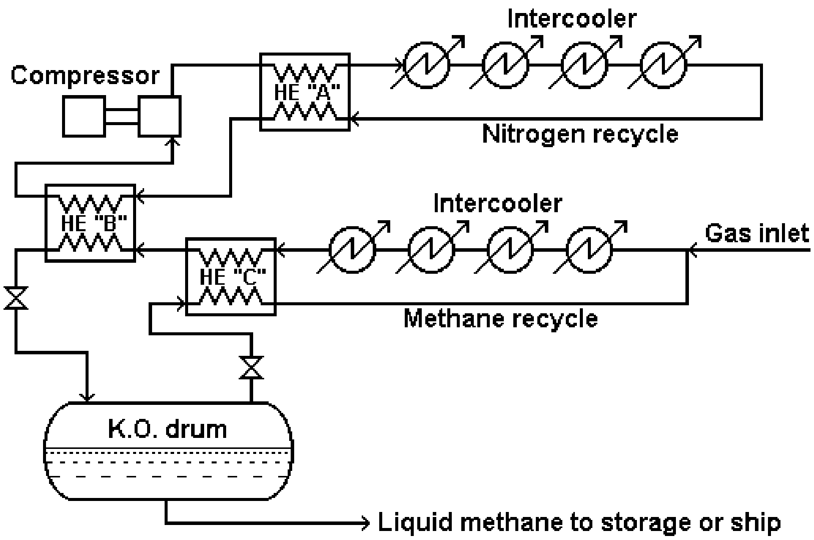
(f). Penstabilan dan pengerasan metal

(g). Dsb.

Dewasa ini penggunaan nitrogen secara besar-besaran banyak dijumpai dalam industri pupuk dan industri gas. Penggunaan lainnya yang cukup populer adalah sebagai refrigerant untuk pencairan gas alam. Seperti yang terlihat dalam gambar (4) dan (5) menunjukkan skema proses pencairan gas dan proses pemurnian gas dengan menggunakan nitrogen.

Dalam gambar (4) menunjukkan salah satu proses pencairan gas alam dengan menggunakan nitrogen sebagai bahan refrigerant. Nitrogen yang ditekan oleh kompresor sebagian besar akan mencair dan setelah dilewatkan melalui intercooler diharapkan nitrogen akan mencair sempurna. Dari intercooler, nitrogen disirkulasikan kembali dan selanjutnya dengan bantuan expander nitrogen diekspansikan dan berubah fasenya menjadi uap. Selama penguapannya ia membutuhkan panas, dan panas diambil dari gas alam (metane) setelah dilewatkan melalui exchanger B. Gas alam yang kehilangan sebagian besar panasnya akan turun suhunya dan mencair, yang selanjutnya ditampung di dalam K.O. drum. Dengan demikian gas alam cair siap untuk disimpan di dalam tangki penimbunan atau dikapalkan langsung.

Sebagian gas alam cair yang tertampung di dalam knock out drum dikembalikan melalui expander valve untuk membantu pendinginan awal.



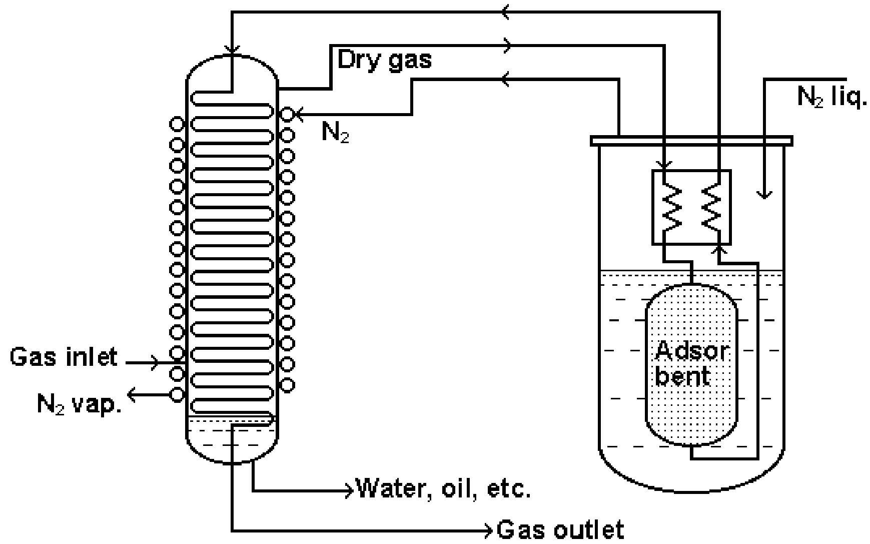
Gambar (4): Nitrogen Refrigerated Liquefaction

Penggunaan lain seperti dalam gambar (5) menunjukkan proses pemurnian gas alam yang pengeringannya dilakukan dengan menggunakan nitrogen sebagai media pendinginannya. Gas alam dialirkan melalui sebuah bejana yang dindingnya dilengkapi dengan lilitan pipa (tube) yang didalamnya dialirkan nitrogen yang suhunya cukup rendah. Dengan adanya proses pendinginan yang terjadi di sini maka beberapa fraksi minyak maupun uap air yang terikut ke dalam gas alam akan terkondensasi, dan kondensat yang terkumpul pada bagian dasar bejana dapat dipisahkan dengan mudah yaitu dengan membuangnya melalui bagian dasar bejana.

Gas alam yang keluar dari bejana pendingin relatif sudah kering, namun pada umumnya masih mengandung beberapa impurities yang berupa gas seperti CO_2 dan gas-gas lainnya. Selanjunya gas tersebut dialirkan melalui sebuah bejana pendingin berikutnya yang di dalamnya dilengkapi sebuah cartrige yang di dalam cartrige tersebut berisi adsorbent.

Adsorbent yang berada di dalam cartrige tersebut akan menyerap gas-gas impurities yang masih terikut didalam gas alam sampai mrncapai batas konsentrasi yang

dikehendaki. Disamping di dalam bejana dilengkapi adsorbent, cartrige tersebut juga dilengkapi sebuah alat penukar panas serta dipasok nitrogen yang berupa cairan.



Gambar (5): Natural Gas Purifier

Dengan adanya pendinginan di sini diharapkan semua gas-gas impurities yang terkandung di dalam gas alam dapat terserap habis sehingga gas alam yang telah dimurnikan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

5. METODA PROSES PEMISAHANNYA

Nitrogen diproduksi secara komersial dengan proses pemisahan, yaitu dengan mencairkan udara atmosfir dan kemudian memisahkannya dengan cara distilasi bertekanan, dan proses lainnya yang dewasa ini cukup banyak diterapkan dalam industri adalah dengan menggunakan permeable membrane.

Disamping dari udara, nitrogen juga dapat diperoleh dari gas alam yang pada umumnya cukup tinggi kandungan nitrogennya. Beberapa proses pemisahan udara yang populer dan banyak diterapkan di dalam industri-industri besar diantaranya adalah:

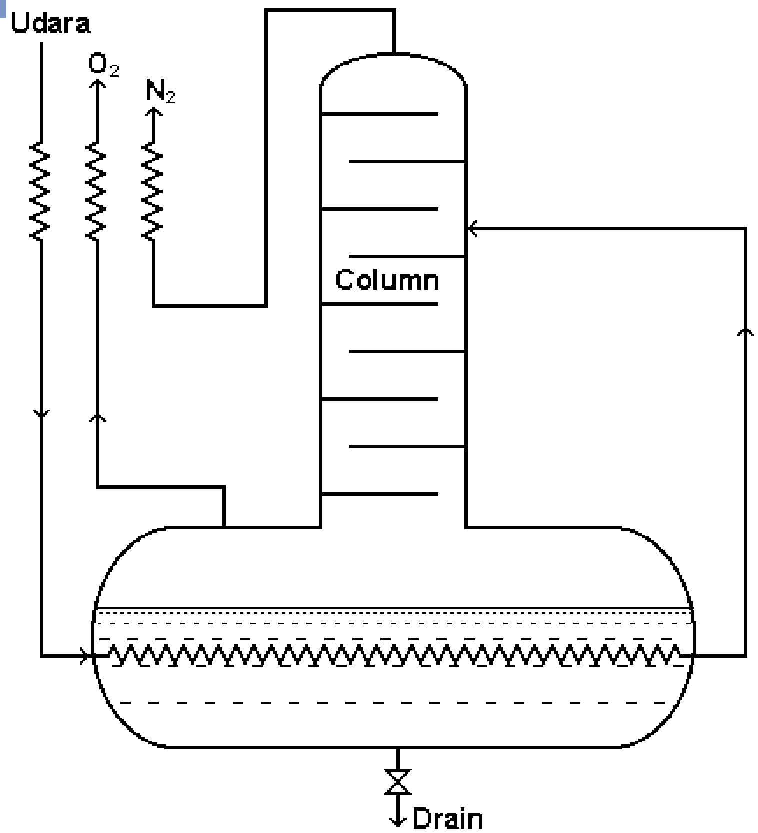
- Linde Sinle-Column Air Separation
- Linde Double-Column Air Separation
- Membrane Air Separation

5.1. Linde-Single Column Air Separation

Dalam gambar (6) menunjukkan proses pemisahan nitrogen dengan menggunakan metoda Linde-Single Column Air Separation. Proses ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1902. Prosesnya sangat sederhana, yaitu dengan memampatkan udara kemudian didinginkan.

Udara yang telah didinginkan selanjutnya dipisahkan dari komponen-komponennya yaitu terutama nitrogen dan oksigen dengan menggunakan kolom distilasi. Atas dasar perbedaan titik didih dari kedua komponen tersebut maka komponen yang mempunyai titik didih lebih rendah (dalam hal ini nitrogen) akan lebih mudah menguap. Dengan demikian di dalam pemisahannya, nitrogen ditarik dari bagian puncak kolom dan oksigen ditarik dari bagian dasar kolom.

Di dalam kolom distilasi dilengkapi dengan beberapa susunan alat kontak (tray) jenis tertentu yang berfungsi untuk menajamkan pemisahan. Tekanan yang diperlukan berkisar antara 3 - 30 MPa. Jika dikehendaki oksigen yang dihasilkan berupa gas maka tekanan yang dibutuhkan sekitar 3 - 6 MPa, sedangkan jika dikehendaki oksigen yang dihasilkan dalam bentuk cairan maka tekanan yang dibutuhkan sekitar 6 - 30 MPa.



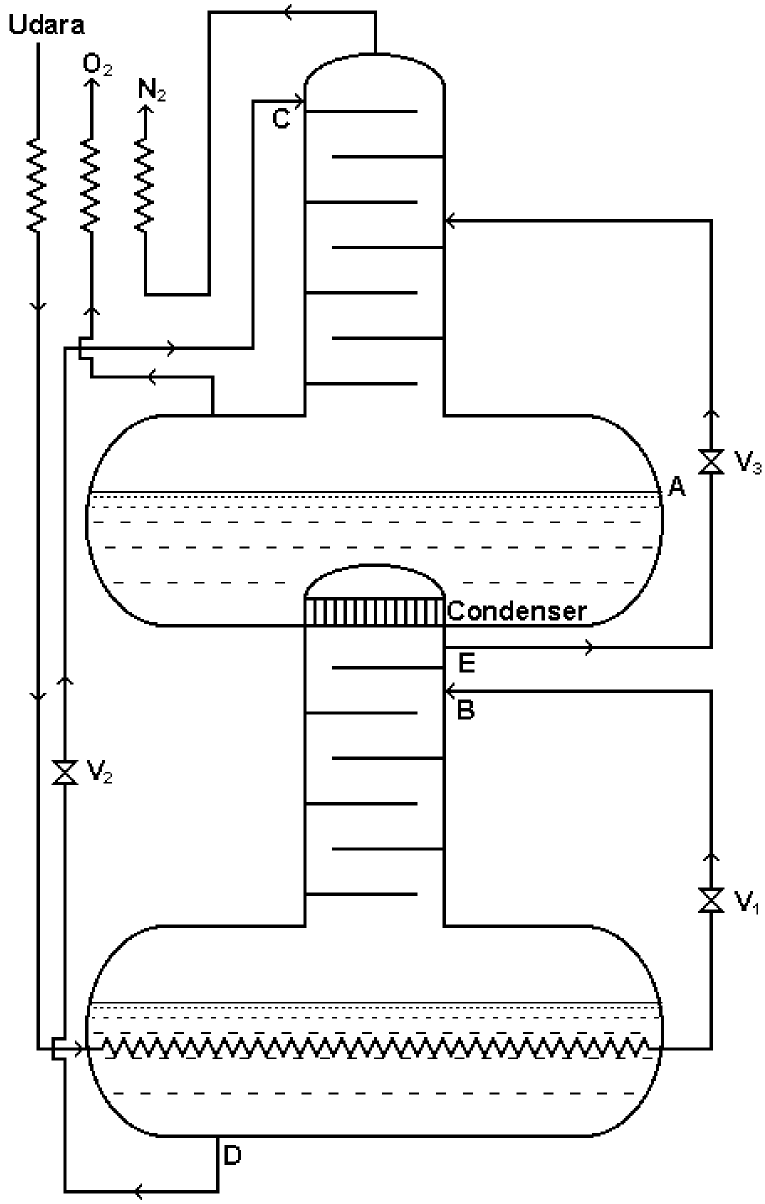
Gambar (6): Linde-Sinle Column Air Separation

5.2. Linde-Double Column Air Separation

Dalam gambar (7) menunjukkan proses pemisahan nitrogen dengan menggunakan metoda Linde-Double Column. Pada prinsipnya sama seperti apa yang dilakukan dengan menggunakan metoda Linde-Single Column. Seperti yang terlihat dalam gambar (7), untuk proses pemisahannya dilakukan dengan menggunakan dua buah kolom yang tersusun secara seri, hal ini dimaksudkan agar hasil pemisahannya dapat lebih sempurna dengan kata lain komponen-komponen yang dipisahkan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi.

Udara cair masuk pada titik intermediate B dan setelah di dalam kolom pertama (bawah) terjadi pemisahan antara fase uap dan fase cair. Fase uap banyak

mengandung komponen nitrogen sedangkan fase cair banyak mengandung komponen oksigen. Bagian puncak kolom pertama dilengkapi dengan sebuah condenser dimaksudkan agar pada bagian tersebut terjadi reflux yang akan membantu penajaman dalam pemisahan.



Gambar (7): Linde-Double Column Air Separation

Uap yang dihasilkan dari puncak kolom pertama ditarik melalui titik E kemudian masuk ke dalam kolom kedua (atas). Sedangkan cairan yang dihasilkan dari bagian dasar kolom pertama (reboiler) dengan konsentrasi oksigen sekitar 45 % ditarik melalui titik D masuk ke dalam kolom kedua melalui titik C yang posisinya sedikit di bawah saluran gas masuk. Di dalam kolom kedua terjadi pemisahan yang lebih tajam dan nitrogen maupun oksigen yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh Simple-Linde Separation Process.

Karena condenser harus mengembunkan sebagian uap oksigen yang terikut ke dalam fase uap maka pada kolom pertama harus beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi, yaitu sekitar 500 kPa, sedangkan kolom kedua hanya sekitar 100 kPa.

5.3. Membrane Air Separation

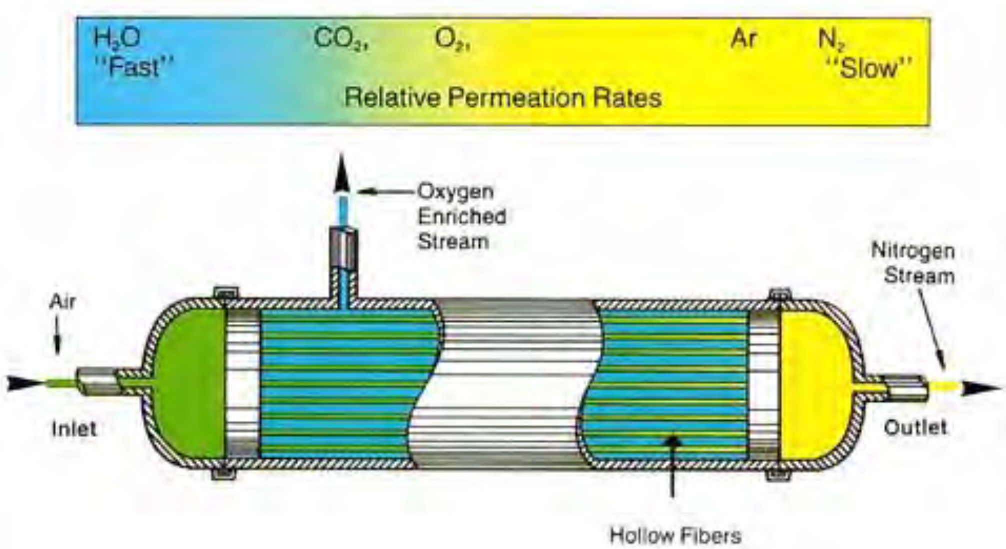
Udara yang terdiri dari beberapa unsur seperti uap air, karbon dioksida, oksigen, argon, dan nitrogen dapat dipisahkan dengan cara melewatkannya melalui sebuah permeable membrane (membran yang dapat ditembus). Proses pemisahan dengan menggunakan permeable membrane ini didasarkan atas perbedaan kemampuan gas menembus membrane tertentu. Setiap gas mempunyai karakteristik laju permeasi, yaitu merupakan fungsi dari kemampuannya untuk melarut dan mendifusi melalui membrane.

Gas yang mempunyai laju permeasi yang lebih cepat seperti oksigen dapat dipisahkan dari gas yang mempunyai laju permeasi yang lebih lambat seperti nitrogen, perhatikan ilustrasi dalam gambar (7). Sebagai driving force (daya dorong) proses pemisahan dengan metoda ini adalah perbedaan tekanan parsial yang ditimbulkan antara sisi udara yang diumpankan (compressed feed air) dan sisi tekanan rendah dari membrane.

Pemisahan nitrogen sebenarnya terjadi di dalam membrane separator. Setiap membrane separator terdiri dari sebuah bungkusan hollow membrane fiber di dalam shell yang berbentuk silinder, dan tersusun seperti sebuah shell and tube heat exchanger.

Udara bertekanan diumpankan melalui ujung masukan (inlet end) separator, dan mengalir melalui bagian dalam hollow fiber menuju ujung keluaran (outlet end). Dalam perjalanannya sebagian molekul-molekul komponen udara mulai menembus dinding fiber sesuai dengan permeabilitasnya. Uap air, karbon dioksida, dan uap air dapat menembus membrane lebih cepat dibandingkan dengan nitrogen.

Dengan demikian nitrogen yang keluar dari ujung keluaran mempunyai tingkat kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara saat memasuki membrane separator. Sedangkan aliran yang kaya akan oksigen (oxygen-rich stream) dibuang ke atmosfir atau diproses lebih lanjut untuk dimurnikan oksigennya dan digunakan untuk keperluan tertentu. Jika konsumsi nitrogen menurun maka aliran nitrogen akan menurun juga, dan sebagai akibatnya tingkat kemurnian nitrogen menjadi lebih tinggi lagi.



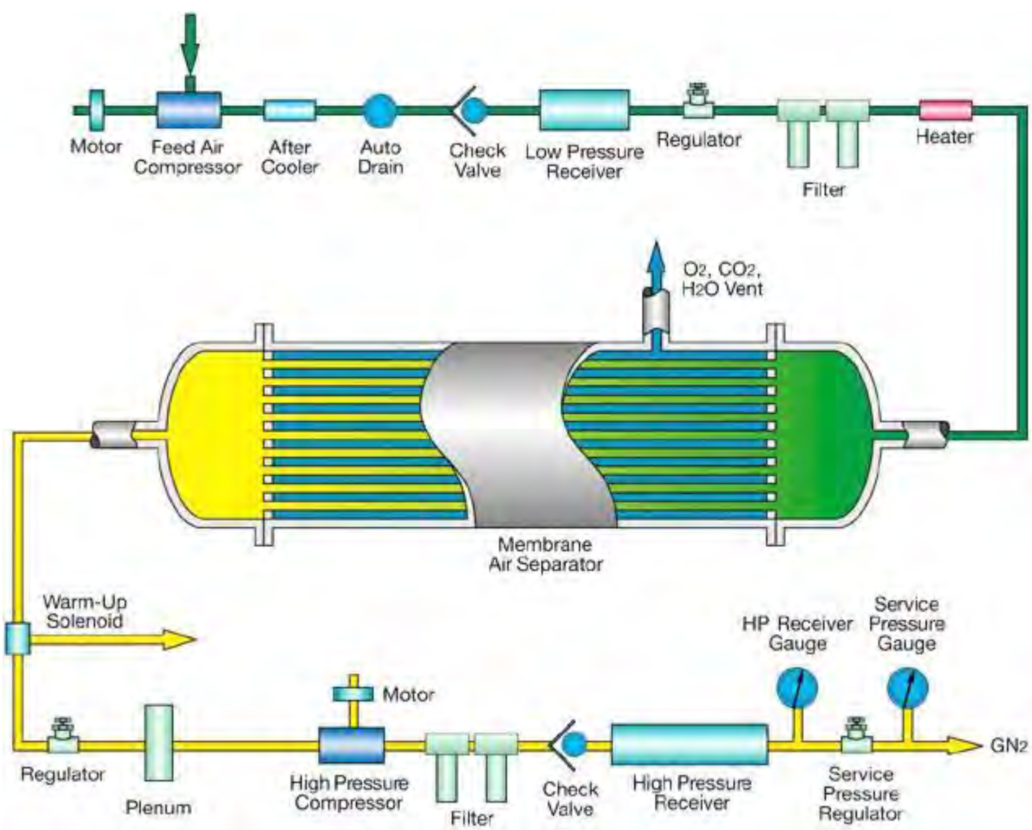
Gambar (8): Prinsip Kerja Permeable Membrane

Sistem pemisahan nitrogen secara lengkap dengan menggunakan permeable membrane dapat dilihat dalam gambar (9). Proses pemisahan dengan cara ini dapat

menghasilkan nitrogen dengan tingkat kemurnian 95 – 99 % dengan titik embun di bawah –70 °C. Jika nitrogen yang dihasilkan mempunyai tingkat kemurnian 95 % maka titik embunnya mencapai dibawah –70 °C, jika tingkat kemurniannya 99 % maka titik embunnya mencapai dibawah – 100 °C. Tekanan operasi di dalam membrane separator dapat emncapai 6000 psig.

Dua buah filter dipasang sebagai kelengkapan filter dimaksudkan untuk:

- ✰ Sebuah filter di bagian upstream untuk menjamin bahwa udara yang akan dipisahkan tidak lagi mengandung aerosol minyak.
- ✰ Sebuah filter di bagian downstream untuk menjamin bahwa nitrogen yang dihasilkan bebas dari debu karbon.



Gambar (9): Membrane Air Separation

Dalam sistem seperti ini bamyak menggunakan membrane cartridge dengan maksud untuk memudahkan dalam pemeliharaannya. Membrane dapat diganti dengan melepas cartidge tanpa harus melepas pressure vessel.

6. KESETIMBANGAN UAP-CAIRAN

6.1. Hukum Rault

Untuk larutan ideal, dalam Hukum Rault dijelaskan bahwa tekanan parsial komponen A dalam campuran sama dengan tekanan uap murni kali fraksi mol-nya dalam cairan. Secara matematis dinyatakan seperti berikut.

$$p_i = p_i^* x_i$$

dimana: p_i = tekanan parsial komponen i

p^*_i = tekanan uap komponen i

x_i = fraksi mol komponen i dalam cairan

Tekanan uap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Antoine yang dinyatakan seperti berikut:

$$\log p^* = A - \frac{B}{C + t}$$

dimana:

p^* = tekanan uap, mmHg

t = suhu ^oC

A, B, C = konstanta Antoine yang hargany seperti dalam table berikut:

Komponen	A	B	C
Nitrogen	7.35335	357.674	276.202
Oksigen	7.14510	386.253	273.789

6.2. Hukum Henry

Fraksi mol komponen I dalam campuran fase uap dinyatakan sebagai perbandingan antara tekanan parsial terhadap tekanan total.

$$y_i = \frac{p_i}{p_t}$$

dimana y_i menunjukkan fraksi mol komponen I dalam campuran fase uap.

Karena dalah Hukum Rault menyatakan $p_i = p^*_i x_i$, maka selanjutnya diperoleh hubungan seperti berikut:

$$y_i = \frac{p_i^* x_i}{p_t}$$

6.3. Hukum Dalton

Jika suatu campuran uap terdiri dari komponen-komponen A, B, dan C, maka tekanan total merupakan hasil penjumlahan dari tekanan parsial dari masing-masing komponen.

$$p_t = \sum_{i=A}^{Z} p_i = p_A + p_B + p_C + \ldots\ldots\ldots\ldots + p_Z$$

dimana: p_t = tekanan total

p_A = tekanan parsial komponen A

p_B = tekanan parsial komponen B

p_C = tekanan parsial komponen C

p_Z = tekanan parsial komponen Z

6.4. Konstanta Kesetimbangan

Jika suatu campuran dinyatakan dalam kondisi tekanan dan suhu tertentu, maka hubungan antara fraksi mol dalam fase uap dan dalam fase cair dapat diturunkan dari hukum Rault dan Henry seperti berikut ini.

$$p_i^* \, x_i = p_t \, y_i$$

$$K_i = \frac{p_i^*}{p_t} = \frac{y_i}{x_i}$$

$$y_i = K_i \, x_i$$

dimana: K_i = konstanta kesetimbangan komponen i

$K_i = p^*_i/p_t$ (untuk larutan ideal)

$K_i = H/p_t$ (untuk larutan tak ideal)

6.5. Relative Volatility

Untuk sistem biner, jika komponen A lebih volatile dan komponen B kurang volatile dan menganggap hukum Rault tetap berlaku, maka relative volatility komponen A terhadap komponen B dapat dinyatakan seperti berikut:

$$\alpha_{A\text{-}B} = \frac{p_A^*}{p_B^*} = \left(\frac{y_A}{x_A}\right)\left(\frac{x_B}{y_B}\right)$$

Karena $y_B = 1 - y_A$ dan $x_B = 1 - x_A$, maka dapat diperoleh hubungan seperti berikut.

$$\alpha_{A\text{-}B} = \frac{p_A^*}{p_B^*} = \left(\frac{y_A}{x_A}\right)\left(\frac{1 - x_A}{1 - y_A}\right)$$

dimana $\alpha_{R\text{-}B}$ = relative volatility komponen A terhadap komponen B, dan untuk larutan tidak ideal (encer) berlaku

$$\alpha_{A\text{-}B} = \frac{k_A}{k_B}$$

6.6. Kurva Kesetimbangan

Kurva kesetimbangan campuran biner (dua komponen) adalah garis yang menunjukkan hubungan antara faksi mol komponen tertentu pada fase uap dengan yang ada pada fase cair. Kurva kesetimbangan system nitrogen-oksigen dapat dibuat dengan cara menghubungkan titik-titik kesetimbangan pada berbagai suhu dalam tekanan konstan, atau sebaliknya dibuat pada pada berbagai tekanan dalam suhu konstan.

Berdasarkan hukum Rault, maka hubungan antara fraksi mol komponen tertentu dalam fase uap dan dalam fase cair dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$\text{Untuk komponen A: } y_A = \frac{p_A^*}{p_t} x_A$$

$$\text{Untuk komponen B: } y_B = \frac{p_B^*}{p_t} x_B$$

Karena $x_B = 1 - x_A$, maka

$$y_B = \frac{p_B^*}{p_t}(1 - x_A)$$

Karena $y_A + y_B = 1$, maka

$$\frac{p_A^*}{p_t} x_A + \frac{p_B^*}{p_t}(1 - x_A) = 1$$

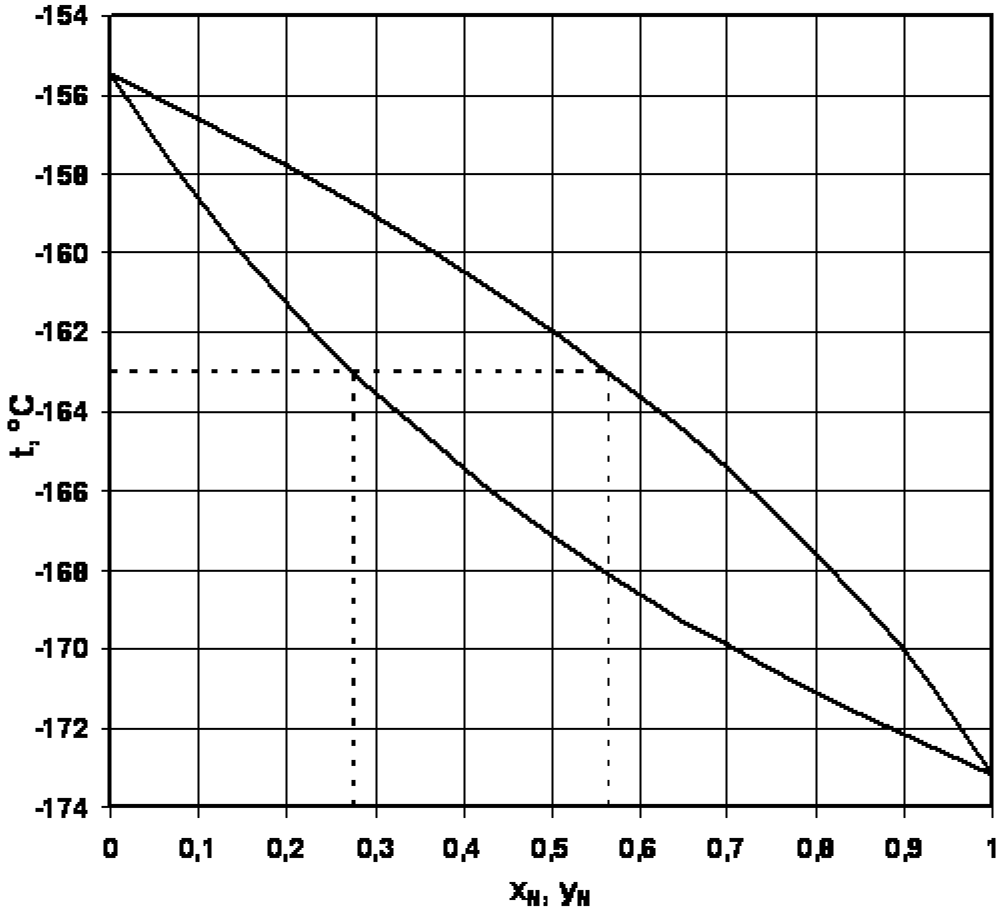
Jika diselesaikan diperoleh persamaan seperti berikut:

$$x_A = \frac{p_t - p_B^*}{p_A^* - p_B^*}$$

atau

$$p_t = x_A\, p_A^* + p_B^*(1 - x_A)$$

Kurva kesetimbangan untuk campuran biner dari komponen A dan komponen B dapat dibuat dengan bentuk seperti berikut:



Gambar (10): Kesetimbangan Uap-Cairan Sistem Nitrogen-Oksigen pada tekanan 760 mm Hg

7. BUBBLE POINT & DEW POINT

Bubble point (titik didih) campuran dapat dicapai apabila memenui syarat berikut:

$$\sum_{i=A}^{Z} yi = y_A + y_B + y_C + \ldots\ldots\ldots + y_Z = 1$$

Dew point (titik embun) campuran dapat dicapai apabila memenuhi syarat berikut:

$$\sum_{i=A}^{Z} xi = x_A + x_B + x_C + \ldots\ldots\ldots + x_Z = 1$$

BAB. XVIII
SISTEM UDARA INSTRUMEN

A. Latar Belakang

Bab ini merupakan salah satu kebutuhan hidup manusia dalam usaha untuk meningkatkan kemampuan atau kompetensi diri. Persaingan hidup dan kemajuan teknologi menimbulkan suatu perubahan yang melanda segala aspek kehidupan manusia

Kebutuhan personil pemegang jabatan tenaga teknik khusus yang mempunyai kompetensi kerja standar di bidang industri, makin dirasakan karena sifat industri yang padat teknologi, padat modal dan resik tinggi.

Kompetensi kerja personil merupakan persyaratan minimal yang harus dipenuhi oleh pemegang jabatan tenaga teknik khusus (TTK) bidang industri; antara lain untuk Instrumentasi Air System.

Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) disusun dengan menggunakan RMCS (Regional Model Of Competency Standard) berdasarkan permintaan pasar *(*stakeholder*)* dalam industri migas*.*

Tujuannya adalah mencetak tenaga ahli yang kompeten dibidangnya dalam usaha pemanfaatan minyak dan gas bumi secara profesional.

SKKNI ini dirumuskan dengan menggunakan acuan/referensi :

9. Undang-Undang No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi.
10. Undang-Undang RI No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
11. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
12. Mijn Politie Reglement 1930 Staadsblad 1930 Nomor 341.
13. Mijn Ordonnantie (Ordonansi Tambang) tahun 1930 No. 38.
14. Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2004 tentang Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP).

15. Peraturan Pemerintah No. 31 Tahun 2006 tentang Sistem Pelatihan Kerja Nasional.
16. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 01/P/M/Pertamb./1980, tentang Pemeriksaan Keselamatan Kerja dan Teknik yang dipergunakan dalam Pertambangan Minyak dan Gas Bumi.

.

B. Deskripsi Singkat

Sistem udara instrumen digunakan untuk instrument-instrumen pneumatik dan dikirimkan sebagai media transmisi yang bersih kering dan andal.

Materi yang ada pada bab ini membantu siswa untuk mampu membuat daftar keperluan jumlah udara instrumen dan mendefinisikan keperluan-keperluan tersebut.

C. Manfaat Bab Bagi Peserta Diklat.

Bab ini menerangkan mengenai ruang lingkup Instrument Air System yang diperuntukan bagi teknisi, instrumentasi, mekanik dan operator produksi. Materi ini mengarahkan peserta diklat untuk mengetahui secara umum dan meningkatkan kompetensinya dibidang Instrument Air System, sesuai tugas dan ruang linkup pekerjaannya.

D. Tujuan Pembelajaran.

1. Kompetensi dasar

Bab ini berisikan pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan, merawat Instrument Air System.

2. Indikator Keberhasilan

Setelah Selesai Training Peserta diharapkan mampu melakukan :

- Mengetahui prinsip kerja instrument air system
- Memahami fungsi masing – masing peralatan utama pada sytem ini.
- Mampu menjelaskan prinsip kerja per peralatan berdasar diagram blok.
- Mampu mengatasi penyebab kerusakan udara bertekanan
- Mengetahui dan memahami dampak dari instrument air system

G. MATERI POKOK DAN SUB MATERI POKOK

Materi bab ini terdiri atas tiga bab sebagai berikut :

I Pendahuluan berisi tentang tujuan yang akan di capai dari bab Instrumet Air System.

II. Sistem Udara Instrumen

g. Pengertian Umum
h. Udara Instrumen dan Kompressor Udara
i. Tangki penampung
j. Penyaring dan Pengering Udara
k. Pipa distribusi dan PSV
l. Tekanan Catu Udara dan Koneksi Instrumen

III Kwalitas Standar Udara Instrumen

a. ISA-7.3 Kwalitas Standar Udara Instrumen
b. Tujuan ISA-7.3 dan Definisi
c. Udara instrument, Kwalitas standar
d. Tekanan Udara untuk Kontroler, Transmiter, dan sistem transmisi Pneumatik
e. Definisi-definisi dan Nilai-nilai khusus
f. Tekanan Catu

H. PETUNJUK BELAJAR

Bab ini menjelaskan fhiloshofi dan theori tentang *instrument air system*, yang tentunya masih banyak yang belum tersampaikan karena keterbatasan waktu, untuk itu diharapkan pro-aktif :

a. Peserta diklat hendaknya memiliki motivasi untuk mengetahui masalah *instrument air system* sebagai salah satu alat yang harus dikuasai.
b. Membaca dengan seksama dan selanjutnya membuat rangkuman.
c. Mengerjakan soal latihan mandiri untuk mempercepat penguasaan.
d. Perbanyaklah membaca literature yang terkait dengan *instrument air system* baik dari buku referensi maupun internet.

Indikator keberhasilan : Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diklat dituntut mampu dan mengetahui prinsip pembuatan udara bertekanan, serta mampu mengoperasikan *instrument air system* dengan benar.

Mampu mendifinisikan standar ISA-7.3 yang berhubungan dengan kwalitas udara instrumen

Mampu mendifinisikan standar ISA-7.4 yang berhubungan dengan tekanan udara instrumen untuk instrumen-instrumen dan mampu mengidentifikasi nilai range dan tekanan catu yang direkomendasikan standar

A. Pengertian Umum

Sistem udara instrumen digunakan untuk power instrumen-instrumen pneumatik dan sebagai media transmisi antar device dengan kreteria yang dipersyaratkan dng kondisi bersih, kering dan andal. Valve pneumatik, transduser dan valve positioner merupakan komponen yang biasanya dikenal sebagai elemen kontrol akhir dan komponen tersebut perlu catu udara standar yang digunakan untuk operasi dengan benar.

Bab ini akan mendiskusikan standar yang digunakan untuk kualitas, kuantitas, produksi dan distribusi udara instrumen.Instrumentasi yang memerlukan udara bertekanan akan didiskusikan lebih lanjut pada akhir bab ini.

Kebanyakan sistem pneumatik dioperasikan melalui udara tekan dengan tekanan yang diatur, kering dan disaring, meskipun kadang-kadang gas nitrogen atau gas methan juga digunakan, pada daerah yang jauh dimana tidak ada kompresor listrik, sebagai penggantinya adalah gas bertekanan melalui pipa, dan sebagian sistem menggunakan gas bertekanan dari pipa tersebut untuk menyuplai dan mengoperasikan instrumentasi setempat.

Gas ini biasanya perlu persyaratan tertentu bila digunakan sebagai udara instrumen seperti titik embun yang rendah, tidak ada partikel hidrocarbon cair yang kecil-kecil

dan yang terperangkap (butiran-butiran minyak).

Sistem udara instrumen digunakan untuk instrumen-instrumen pneumatik dan dikirimkan sebagai media transmisi yang bersih kering dan andal.

Saat ini dan dimasa mendatang control valve pneumatik adalah tipe yang umum dipakai sebagai elemen kontrol akhir dan aktuator silinder pneumatik juga suatu metode yang umum dipakai untuk cara operasi jarak jauh (on-off), hal ini juga memerlukan sistem udara instrumen.

Pada bab ini akan didiskusikan tentang standar-standar untuk kwalitas, kwantitas, produksi dan distribusi udara instrumen.

Industri instrumentasi yang memerlukan udara instrumen akan didiskusikan pada bab akhir pada bab ini.

B. Udara Instrumen

Banyak instrumen-intrumen penumatik yang dipakai pada hari ini mempunyai jalur jalannya udara dengan diameter yang sangat kecil seperti restriksi, orifice dan lain-lain, dan tanpa memenuhi kwalitas standar udara instrumen untuk devais-devais tersebut, maka pasti akan ditemui kegagalan operasi.

Oleh karena itu udara tekan tersebut perlu diproses untuk memenuhi syarat sebagai berikut:

- Mengandung kandungan air maksimum yang diijinkan agar instrumen tersebut berfungsi secara memuaskan.
- Ukuran partikel yang terperangkap maksimum sehingga terhindar adanya penyumbatan, terhindar dari goresan dan erosi pada jalur jalannya udara dan orifice-orifice yang ada disebelah dalam instrumen-intrumen yang digunakan tersebut.

- Mengandung kandungan minyak maksimum yang diijinkan untuk menghindari malfungsi yang disebabkan adanya penyumbatan dan goresan-goresan pada komponen-komponen tersebut.

Syarat-syarat tersebut diperlukan agar memenuhi syarat kwalitas catu udara instrumen. hal ini akan didiskusikan secara mendetail pada bab akhir bab ini.

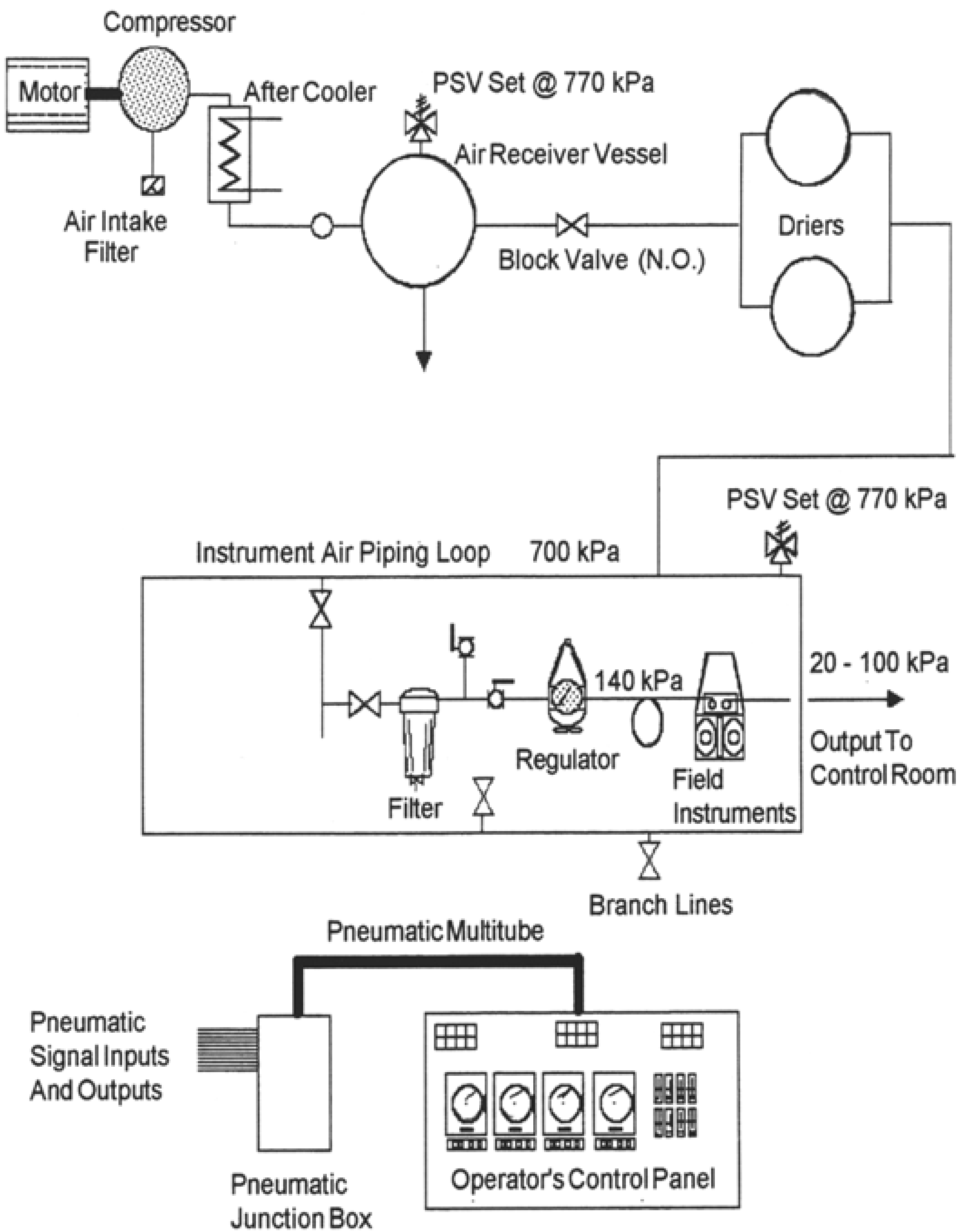
Udara proses atau utilitis biasanya digunakan untuk mendayai suatu sistem atau alat dimana perlu udara tekan dengan volume yang besar dan tidak perlu syarat – syarat yang ketat seperti halnya instrumen pneumatik.

Udara utilitis biasanya tidak perlu membersihkan partikel-partikel atau air seperti standar kwalitas yang diperlukan oleh udara instrumen.

Tipe udara instrumen untuk industri biasanya terdiri dari beberapa komponen utama berikut:

- Kompresor udara
- Pengering dan penyaring udara
- Pipa distribusi dengan pressure sefety valve
- Stasiun penurun tekanan
- Koneksi-koneksi instrumen lapangan

Gambar 1 dibawah ini. menunjukkan sistem pneumatik instrumen sederhana



Gambar 1: Sistem dan Ekuipmen Udara Instrumen

C. Kompresor Udara

Kompresor udara dipilih atas dasar pemakaian jumlah udara dan biasanya dalam satuan standard cubic feet per minute (scfm) atau cubic meter per minute (m^3/min).

Pada plan yang besar mungkin perlu dua tau tiga unit;

Unit kompresor tersebut bisa berupa tipe reciprocal atau rotari, tunggal atau multistage, dan biasanya digerakkan oleh motor listrik, turbin gas atau mesin disel. Tipe kompresor akan didiskusikan pada bab akhir bab ini.

Kapasitas kompresor ditentukan oleh keperluan aliran udara plan. Pemakaian udara pada plan ditentukan oleh jumlah maksium pemakaian udara (kira-kira 0,02 m^3/menit) untuk setiap devais dan adanya kebocoran.

D. Tangki Penampung

Tangki penampung udara dirancang berdasar jumlah kapasitas penyimpanan pada sistem dan juga adanya tambahan untuk menghindari fluktuasi tekanan.

Fungsi lainya juga sebagai penguat dan pemisah antara udara dan air yang terkondensasi dalam proses pembuatan udara bertekanan

E. Penyaring dan Pengering Udara

Udara tekan yang baru saja keluar dari kompresor biasanya relatip basah, dan mengandung kotoran-kotoran dan minyak-minyak sisa dari kompresornya sendiri.

Karena udara tersebut harus bersih dan kering, maka perlu menghilangkan kandungan air dan kotoran-kotoran tersebut.

Pengering udara ada beberapa tipe, umumnya pengering regenerasi. Dua menara perlu diisi dengan partikel pengadsorbsi (seperti alumina aktif).

Pengering yang satu dalam kondisi on-line, sedang pengering yang lain dalam kondisi off-line diregenerasi dengan udara panas. Siklus regenerasi biasanya dikontrol dengan sistem sekuensi waktu otomatis.

Secara normal pengering biasanya dihubungkan dengan pre-filter (untuk menghilangkan partikel-partikel kotoran, butiran-butiran kecil air dan minyak sebelum ia masuk ke pengering) dan after-filter (untuk mencegah zat-zat pengering yang pecah masuk ke header udara).

Penyaring udara biasanya juga dipasang pada header pencatu udara instrumen, dan untuk mengatur catu udara ke instrumen-instrumen yang ada dilapangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Filter atau penyaring berfungsi untuk menghilangkan partikel-partikel kotoran dan kerak-kerak, dan juga untuk memperangkap air dan minyak. Dalam beberapa hal ada gabungan antara filter dan regulator yang dapat digunakan sebagai catu udara langsung pada transmiter atau valve tunggal.

F. Pipa Distribusi dan Pressure Safety Valve

Pipa utama yang digunakan untuk mengirim udara instrumen keseluruh plan biasanya mempunyai diameter 50,8 mm (2 inch) skedul 40 dengan bahan dari carbon steel. Pipa cabang catu udara yang menghubungkan header isntrumen individu biasanya berdiameter 25,4 mm (1 inch) dengan bahan dari pipa galvanis.

Pressure safety valve berfungsi untuk membuang tekanan lebih.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1. penampung udara akan membuang tekanan bila udara yang diblok kembali mengalir ke tangki penampung udara. Relief valve yang ada pada main air header akan membuang tekanan lebihnya bila terjadi

kebakaran atau kejadian-kejadian yang lain yang menyebabkan tekanan menjadi tinggi.

G. Tekanan Catu Udara

Stasiun penurun tekanan dalam aplikasinya adalah sebuah pengatur tekanan dengan berbagai ukuran dan tipe. Stasiun penurun tekanan berfungsi menurunkan tekanan udara dari 700 kPa (102 psi) menjadi level yang dapat digunakan yaitu 140 kPa (20 psi).

Untuk instrumen-instrumen biasanya menggunakan tekanan 20 – 100 kPa (3 – 15 psi), standar ISA S7.4 mengijinkan tekanan catu maksimum 140 kPa (20 psi). Tekanan catu ini harus cukup untuk mengirim volume udara yang cukup, karen bila terlalu tinggi

akan menyebabkan rusaknya instrumen-instrumen tersebut.

Tekanan catu harus konstan untuk menghindari kesalahan dalam pengukuran. Hal ini sangat penting untuk menghindari tekanan yang turun pada pipa catu yang mencatu pada instrument suplai header.

H. Koneksi Instrumen

Tubing catu udara dari pipa valve menuju ke regulator ukuran minimum harus 9,5 mm (3/8 inch) dengan bahan tubing berasal dari pvc jacketed cooper, plated carbon steel atau stainless steel untuk menghindari tekanan drop yang berarti, terutama untuk control valve.

Untuk menghindari masalah vibrasi dapat menggunakan koneksi tubing flexible air hose dengan pertimbangan terjadinya preesure droop. Koneksi tubing hampir selalu bertipe fitting.

Fitting dengan tipe flare lama jarang digunakan meskipun masih dipakai pada generator disel.

Mur tubing harus tidak boleh longgar; pabrik seperti *Swagelock* menyediakan gauge untuk mengecek kekencangan mur tersebut.

Indikator keberhasilan : Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diklat dituntut mampu :

1.Mampu mendifinisikan standar ISA-S7.3 yang berhubungan dengan kwalitas udara instrumen

2. Mampu mendifinisikan standar ISA-S7.4 yang berhubungan dengan tekanan

ISA-S7.3 Kwalitas Standar Udara Instrumen

ISA – S7.3 mempunyai maksdud menstandarkan untuk menetapkan nilai atau batasan kwalitas udara yang dipergunakan untuk mengerakan atau sebagai catu instrumen pneumatic.

TUJUAN ISA-S7.3

Tujuan dari ISA – S7.3 adalah :

- Menetapkan kandungan air maksimum yang diijinkan agar instrumen berfungsi secara memuaskan.
- Menetapkan ukuran maksimum partikel yang terperangkap agar terhindar penyumbatan dan goresan/erosi pada jalur jalannya udara dan orifice.
- Menetapkan kandungan minyak maksimum yang diijinkan untuk menghindari malfungsi akibat penyumbatan dan goresan komponen-komponen tersebut.
- Menetapkan kemungkinan-kemungkinan sumber–sumber korosip atau zat-zat pengkotaminan yang beracun yang masuk ke sistem udara; melalui pengisapan yang dilakukan oleh kompresor, sistem plan udara melalui koneksi-koneksinya, atau koneksi-koneksi udara instrumen langsung yang berhubungan dengan proses.

DEFINISI

Untuk memahami tentang apa yang dimaksud dengan udara yang berkwalitas sesuai yang dipersyaratkan ISA – S7.3, perlu adanya penekan dan pendifinisian.

- **Temperatur Titik Embun**

  Temperatur adalah dimana pada tekanan khusus uap air mulai mengembun atau mengkondensasi dari uap menjadi fluida cair.

- **Titik Embun (pada tekanan saluran pipa) (untuk tujuan standar ini)**

  Nilai titik embun udara pada tekanan saluran pipa sistem udara tekan (biasanya diukur pada outlet sistem pengering atau pada sumber catu udara instrumen, terutama pada tekanan yang menurun). Jika referensinya titik embun pada tekanan saluran udara, harus mempunyai nilai; contoh, titik embun – 40 ^{o}C (-40^{o}F) tekanan pada 100 psig.

- **Mikrometer.**

  Satuan metrik dengan nilai 10-6 meter atau 0,000001 meter (selanjutnya disebut ”mikron”).

- **Part per million (ppm).**

  Menggambarkan bagian per juta dan harus diberikan pada satuan berat. Dengan singkatan ppm (w/w). Jika tidak menyukai data berat (w/w), maka dapat menggunakan satuan volume; (v/v) baru ditetapkan setelah ppm; contoh, 5 ppm (v/v) atau 7 ppm (w/w).

- **Temperatur Ambien (Untuk tujuan Standar)**

  Temperatur atmosphir meliputi daerah seluruh instalasi sistem udara instrumen, termasuk kompresor, perpipaan, pengering, dan instrumen-instrumen.

- **Relative Humidity (Kelembaban)**

  Perbandingan antara banyaknya uap air yang terkandung dalam udara pada temperatur dan tekanan tertentu terhadap jumlah maksimumnya pada temperatur dan tekanan kondisi jenuh.

UDARA INSTRUMEN, KWALITAS STANDAR

Standar ini menetapkan empat elemen kwalitas udara instrumen yang digunakan untuk instrumen pneumatik.

A. Titik embun (pada tekanan saluran pipa)

Udara instrument akan terpengaruhi kwalitasnya karena disebabkan oleh beberapa hal, semua ini terkait dengan model instalasi dan tempat. Instalasi yang berada diluar ruangan berbeda yang ada di dalam ruangan, berikut ini penjelasannya

- Instalasi disebelah luar ruangan (dimana sebagian sistem udara instrumen diekspos terhadap kondisi atmosphir diluar ruangan).

  Titik embun pada tekanan saluran pipa minimal pada 10 ^{o}C (18^{o}C) dibawah temperatur ambien minimal rekaman setempat pada tempat plan.

- Instalasi di dalam ruangan (dimana seluruh sistem udara instrumen diinstalasi).

  Titik embun pada tekanan pipa saluran minimal 10 ^{o}C (18 ^{o}F) dibawah temperatur minimal dimana sebagian sistem udara instrumen diekspos disepanjang tahun. Titik embun tidak boleh melebihi tekanan saluran pipa sebesar 2 ^{o}C (kira-kira 35 ^{o}F).

- **Ukuran Partikel**

  Ukuran partikel maksimum pada aliran udara instrumen harus tiga (3) mikrometer.

- **Kandungan minyak**

  Total kandungan minyak atau hidrokarbon maksimum tanpa terkondensasi harus se-nol (0) w/w atau v/v mungkin; dan tidak boleh melebihi satu (1) ppm w/w atau v/v pada kondisi operasi normal.

- **Zat zat Pengkotaminan**

  Udara instrumen harus bebas dari gas-gas yang berbahaya dan gas-gas kontaminan yang menyebabkan korosip, mudah terbakar atau beracun, yang mungkin terikut pada aliran udara instrumen. Jika ada zat pengkontaminan pada daerah intake kompresor, udara harus diambil pada daerah yang lebih tinggi atau pada lokasi yang jauh yang bebas dari zat-zat pengkontaminan atau zat-zat tersebut perlu diproses untuk dihilangkan. Koneksi proses ke pipa udara instrumen harus diisolasi untuk menghindari zat-zat pengkontaminan masuk ke sistem udara.

  Pengecekkan secara periodik dan teratur harus dilakukan untuk menjamin kwalitas udara intrumen tetap bermutu tinggi.

CATATAN: Menurut ANSI istilah ”mikron” untuk satuan dengan ”mikrometer” yang digunakan dalam standar ini.

CATATAN: Tidak semua devais pneumatik memerlukan syarat kwalitas udara ini namun devasi yang lain perlu kwalitas udara yang lebih tinggi. Perbaikan atau tambahan-tambahan standar mungkin diperlukan untuk sistem pneumatik khusus.

Tekanan Udara untuk Kontroler, Transmiter, dan sistem transmisi Pneumatik

Tekanan standar untuk instrumen pneumatik dapat dijumpai pada ISA-7.4 Tekanan Udara untuk Kontroler, Transmiter, dan Sistem Transmisi Pneumatik yang diterangkan secara mendetail dibawah.

ISA S7.4 Tekanan untuk Kontroler, Transmiter dan Sistem Transmis Pneumatik

A. Maksud dan Tujuan

1.1 Standar ini menjelaskan secara rinci sinyal transmisi pneumatik yang digunakan pada sistem pengontrolan dan pengukuran pada indusri proses untuk mentransmisikan informasi diantara elemen yang satu ke elemen yang lain pada sistem. Meskipun tidak semua elemen menggunakan sinyal ini.

Sinyal ini hanya dipakai pada elmen-elemen sebagai berikut:

- Kontroler Pneumatik
- Transmiter Pneumatik

- Sistem Transmisi Informasi
- Transduser Arus menjadi Tekanan
- Transduser Tekanan menjadi Arus

Tujuan standar ini ditetapkan adalah:

a. Range tekanan operasi standar untuk sistem transmisi informasi pneumatik.
b. Tekanan catu udara standar (dengan nilai terbatas) untuk mengoperasikan kontroler, transmiter, Sistem transmisi informasi pneumatik, tranduser arus menjadi tekanan dan devais-devais serupa.

Catatan:

Untuk kontroler dan transmiter pneumatik, standar tekanan catu udara digunakan secara langsung. Namun, biasanya output kontroler dihubungkan ke aktuator valve atau bentuk posisionir valve (mungkin perlu tranduser arus menjadi tekanan). Agar valve pada posisi sebenarnya, maka tekanan udara divariasi dari mendekati nilai nol sampai ke dekat tekanan catu. Range ekstra ini diperlukan agar kinerja elemen kontrol akhir bekerja pada nilai sebenarnya. Response linier terbatas pada range operasi nominal dan umumnya untuk devais kontroler adalah pada 20 sampai 100 kPa (3 – 15 psi).

Definisi – definisi

1. **Elemen-elemen sistem pengontrolan dan pengukuran industri proses**

   Unit-unit fungsi atau gabungan dari unit-unit tersebut untuk menjamin fungsi dari nilai pengukuran proses, nilai pengukuran transmisi, tranduser, variabel kontrol dan variabel-variabel referensi. Aktuator valve digabungkan dengan tranduser arus menjadi tekanan, posisionir valve, atau relay booster yang dianggap sebagai

elemen penerima sinyal transmisi pneumatik standar atau sinyal transmisi arus listrik.

2. Kontroler Pneumatik

Sebuah devais kontroler adalah yang membandingkan nilai variabel terhadap referensi terpilih dan cara operasinya menggunakan sinyal pneumatik untuk mengkoreksi adanya simpangan.

3. Sistem transmisi informasi pneumatik

Sebuah sistem informasi pneumatik adalah sebuah sistem untuk membawa informasi yang terdiri dari (1) mekanisme transmisi yang merubah informasi input menjadi tekanan udara yang sesuai, (2) tubing anta koneksi dan (3) elemen penerima yang meresponse tekanan udara yang dihasilkan oleh output langsung sesuai dengan informasi input.

4. Transduser arus menjadi tekanan

Sebuah devais yang menerima sinyal listrik analog dan merubahnya menjadi tekanan udara yang sesuai.

5 Sinyal transmisi pneumatik

Sebuah sinyal yang digunakan untuk transmisi informasi dengan nilai bervariasi secara kontinyu.

6 Nilai ukur sinyal transmisi pneumatik – Nilai yang ditunjukkan pada saa itu.

7 **Range sinyal transmisi pneumatik**

Range yang ditentukan oleh batas terendah dan batas tertinggi dari sinyal tekanan.

8 **Span sinyal transmisi pneumatik**

Selisih antara nilai range transmisi tekanan pneumatik batas tertinggi dengan batas terendah.

9 **Batas Terendah**

Sinyal pneumatik yang sama dengan nilai minimum dari input yang ditransmisikan.

10 **Batas Tertinggi**

Sinyal pneumatik yang sama dengan nilai maksimum dari input yang ditransmisikan.

11 **Tekanan catu**

Tekanan catu pneumatik yang memungkinkan elemen sistem menghasilkan sinyal transmisi pneumatik tertentu pada standar ini untuk dikirim ke valve atau elemen akhir agar bisa beroperasi.

NILAI-NILAI KHUSUS

Range sinyal transmisi tekanan pneumatik

1. Span (dipilih) 80 kPa (12 psi). Range tekanan 80 kPa dari span tekanan operasi antara 20 kPa (3 psi) sampai 100 kPa (15 psi).

2. Span 160 kPa (24 psi). Range tekanan operasi 160 kPa untuk span tekanan operasi antara 40 kPa (6 psi) sampai 200 kPa (30 psi).

Tekanan Catu

Batas tekanan catu

1. Span 80 kPa (12 psi). Sebuah nilai dengan minimum 130 kPa (19 psi) dan maksimum 150 kPa (22 psi).

2. Span 1660 kPa (24 psi). Sebuah nilai dengan minimum 260 kPa (38 psi) dan maksimum 300 kPa (44 psi).

Ujian Sendiri

5. Apa fungsi sistem udara instrumen?
6. Jelaskan tiga kriteria dasar udara instrumen yang yang diperlukan?
7. Apa definisi tujuan standar ISA S7.3?
8. Jelaskan range nilai dan tekanan catu udara yang direkomendasikan oleh standar ISA S.7.4

Jawaban Ujian Sendiri

1. Fungsi sistem udara instrumen, dirancang untuk dikirimkan dan didistribusikan sebagai udara instrumen yang bermutu, bersih dan kering.

2. Udara instrumen harus mempunyai kriteria tertentu:

   - Mengandung kelembaban pada nilai maksimum yang diijinkan
   - Ukuran partikel Maksimum
   - Mengandung oil pada nilai maksimum yang diijinkan

6. Tujuan ISA S7.3 adalah sebagai ketetapan nilai kwalitas udara instrumen

7. Range nilai yang direkomendasikan adalah:

   - Span = 80 kPa (12 psi). Range = 20 – 100 kPa (3 – 15 psi).
     Tekanan suplai = 130 – 150 kPa (19 – 22 psi)

   - Span = 160 kPa (24 psi). Range = 40 – 200 kPa (6 – 30 psi).
     Tekanan suplai = 260 – 300 kPa (38 – 44 psi)

Tugas

7. Apa fungsi sistem udara instrumen?

8. Apa beda antara udara instrumen dan udara utilitis?

9. Menurut standar ISA apa standar kwalitas udara instrumen?

10. Buat gambar dan beri label diagram blok sistem udara instrumen.

11. Identifikasi masing-masing dari empat elemen standar ISA S7.3 terhadap kwalitas udara.

12. Definisikan tujuan standar ISA S7.4

NITROGEN (N_2)

Nitrogen (N_2) banyak terdapat di udara atmosfir sekitar 78,03 % volume atau sekitar 75,5 % berat. Nitrogen adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan bersifat inert pada kondisi biasa. Pada suhu yang sangat tinggi, nitrogen mudah bergabung dengan logam-logam yang reaktif seperti Lithium dan Magnesium membentuk nitrida, disamping itu juga mudah bergabung dengan hidrogen, oksigen dan elemen-elemen yang lain. Karena sifatnya yang hampir inert, maka ia dapat digunakan untuk memproteksi terjadinya kontaminasi atmosferik. Nitrogen hanya sedikit sekali larut dalam air dan hampir semua liquida, dan bukan sebagai konduktor panas maupun listrik yang baik. Karena penganan dan proses produksi nitrogen erat kaitannya dengan oksigen, maka dalam pembahasan ini disinggung sedikit tentang pengenalan sifat-sifat dan penaganan oksigen.

SIFAT-SIFAT NITROGEN DAN OKSIGEN

Sifat-sifat fisis

Untuk menangani nitrogen maupun oksigen di dalam penggunaannya pada berbagai macam industri perlu diperhatikan sifat-sifat fisis maupun termodinamikanya. Tabel (1) dan (2) menunjukkan sifat-sifat fisis yang dimiliki nitrogen dan oksigen.

Tabel (1): Sifat-sifat fisis nitrogen

Molecular Formula	: N_2
Molecular Weight	: 28.01
Boiling Point @ 1 atm	: -320.5°F (-195.8°C, 77^{o}K)
Freezing Point @ 1 atm	: -346.0°F (-210.0°C, 63^{o}K)
Critical Temperature	: -232.5°F (-146.9°C)

Critical Pressure	: 492.3 psia (33.5 atm)
Density, Liquid @ BP, 1 atm	: 50.45 lb/scf
Density, Gas @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.0725 lb/scf
SG, Gas (air=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.967
SG, Liquid (water=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.808
Specific Volume @ 68°F (20°C), 1 atm	: 13.80 scf/lb
Latent Heat of Vaporization	: 2399 BTU/lb mole
Expansion Ratio, Liquid to Gas, BP to 68°F (20°C)	: 1 to 694

Tabel (2): Sifat-sifat fisis oksigen

Molecular Formula	: O_2
Molecular Weight	: 31.999
Boiling Point @ 1 atm	: -297.4°F (-183.0°C, 90°K)
Freezing Point @ 1 atm	: -361.9°F (-218.8°C, 54°K)
Critical Temperature	: -181.8°F (-118.4°C)
Critical Pressure	: 729.1 psia (49.6 atm)
Density, Liquid @ BP, 1 atm	: 71.23 lb/scf
Density, Gas @ 68°F (20°C), 1 atm	: 0.0831 lb/scf
SG, Gas (air=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 1.11
SG, Liquid (water=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	: 1.14
Specific Volume @ 68°F (20°C), 1 atm	: 12.08 scf/lb

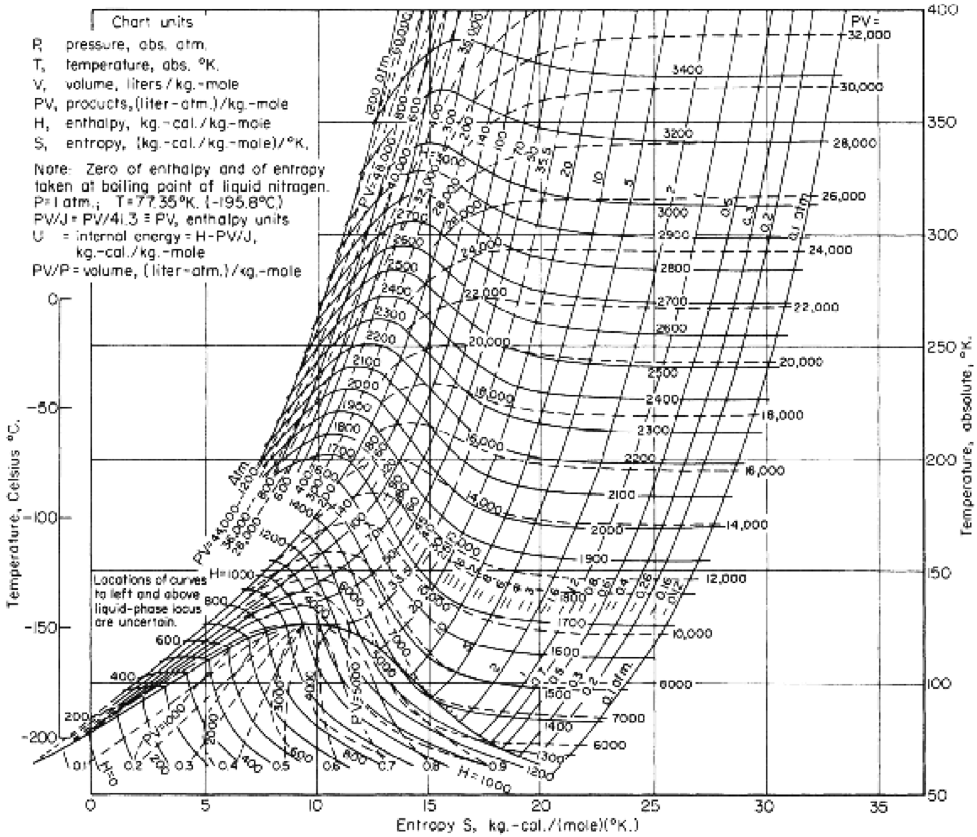
Latent Heat of Vaporization : 2934 BTU/lb mole

Expansion Ratio, Liquid to Gas, BP to 68°F (20°C) : 1 to 860

Solubility in Water @ 77°F (25°C), 1 atm : 3.16% by volume

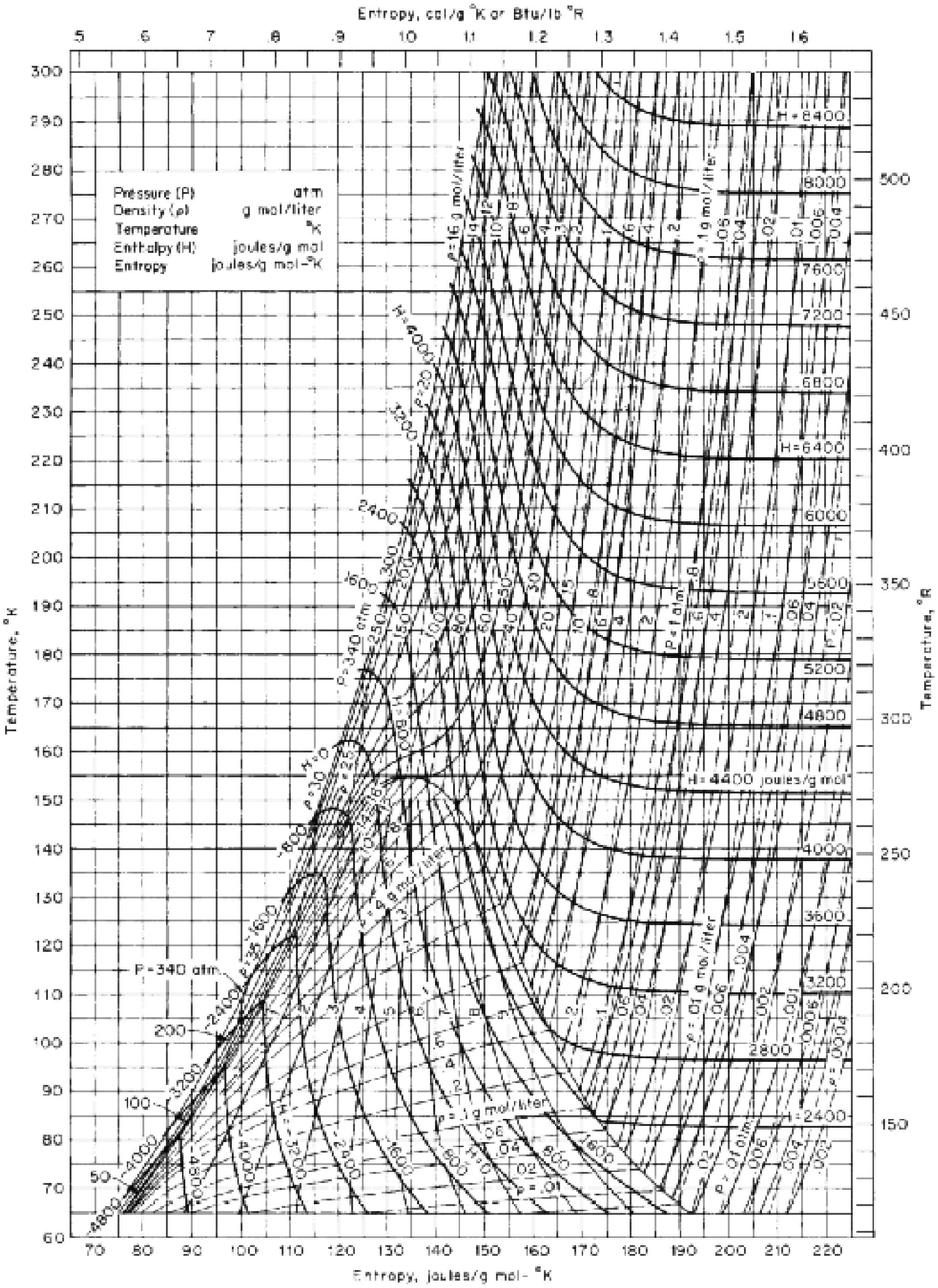
Sifat-sifat termodinamis

Panas juga merupakan salah satu bentuk energi, dan perubahan bentuk akibat panas akan sama dengan yang diakibatkan oleh kerja. Karena dalam termodinamika sulit untuk memperoleh nilai absolut energi, maka sering dinyatakan sebagai perbedaan keadaan awal dan akhir sistem. Besarnya panas yang terkandung di dalam suatu zat sangat tergantung pada kondisi (suhu dan tekanan) dimana ia berada. Panas yang terkandung untuk setiap satuan masa zat pada kondisi tertentu dinyatakan sebagai enthalpy, sedangkan besarnya enthalphy untuk setiap perubahan suhu dinyatakan sebagai entropi. Seperti yang terlihat dalam gambar (1) s/d (2) masing-masing menunjukkan hubungan antara suhu dan entropy serta besaran-besaran lain untuk nitrogen dan oksigen. Sedangkan gambar (3) menunjukkan hubungan antara konsentrasi dan enthalpy campuran nitrogen-oksigen. Dengan mengetahui perubahan enthalpu ataupun entropy dapat digunakan untuk menentukan besarnya bentuk energi lain di dalam proses penangan nitrognen maupun oksigen.



Gambar (1): Diagram Suhu-Entropy (T-S) Nitrogen

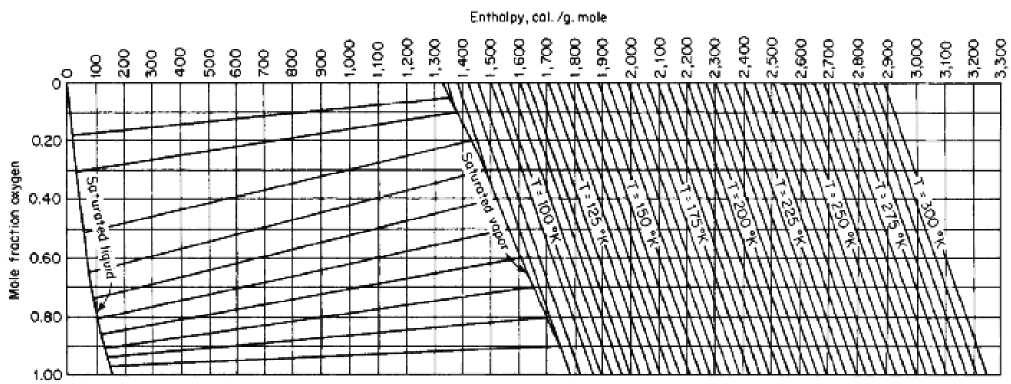
Perubahan enthalpy maupun entropy juga dapat akibatkan oleh adanya perubahan fase (bentuk) padat ke cair, cair ke gas, dan sebaliknya meskipun tanpa mengalami perubahan suhu. Perubahan panas sepertri ini dikenal sebagai panas laten peleburan, penguapan, pengembunan, atau pembekuan.



Gambar (2): Diagram Suhu-Entropy (T-S) Oksigen

Melalui condenser, gas nitrogen ataupun oksigen dapat diembunkan pada suhu tetap maupun tekanan tetap, demikian juga pada proses penguapannya. Besarnya perubahan enthalpy maupun entropy dari keadaan awal ke keadaan akhir proses dapat ditentukan dengan menggunakan gambar (1) s/d (3).

Beberapa proses termodinamika yang dialami dalam penangan maupun penggunaan gas seperti nitrogen dan oksigen kemungkinannya adalah proses kompresi, ekspansi, condensasi, atau evaporasi. Di dalam proses-proses tersebut ada kalanya salah satu kondisi dipertahankan, misalnya suhu konstan, tekanan konstan, entropy konstan, atau enthalpy konstan.



Gambar (3): Diagram Consentrasi-Enthalpy (C-H)

Campuran Oksigen-Nitrogen

Mudah tidaknya suatu fluida dialirkan sangat tergantung pada viskositas dan densitas, namun di dalam menentukan seberapa besar laju alir gas tidak seperti halnya fluida cair yang secara fisik volumenya tidak dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Gas adalah fluida kompresibel, artinya kondisi suhu dan tekanannya mempengaruhi besarnya volume. Untuk menentukan besarnya volume yang sebenarnya harus mempertimbangkan faktor kompresibilitas (yaitu faktor pengali untuk mengoreksi volume gas).

Besarnya faktor kompresibilitas sangat tergantung pada kondisi kritis dan kondisi sebenarnya, dalam hal ini suhu dan tekanan. Untuk gas tertentu seperti nitrogen dan oksigen yang telah diketahui kondisi kritisnya, maka berdasarkan kondisi suhu dan tekanan yang sebenarnya (kondisi operasi) faktor kompresibilitasnya dapat ditentukan secara mudah dengan menggunakan tabel (3) dan (4).

Tabel (3): Faktor Kompresibilitas Nitrogen

	Pressure, bar											
Temp., K	1	5	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
70	0.0057	0.0287	0.0573	0.1143	0.2277	0.3400	0.4516	0.5623	1.1044	1.6308	Solid	Solid
80	0.9593	0.0264	0.0528	0.1053	0.2093	0.3122	0.4140	0.5148	1.0061	1.4797	1.9396	2.3879
90	0.9722	0.0251	0.0500	0.0996	0.1975	0.2938	0.3888	0.4826	0.9362	1.3700	1.7890	2.1962
100	0.9798	0.8910	0.0487	0.0966	0.1905	0.2823	0.3720	0.4605	0.8840	1.2852	1.6707	2.0441
120	0.9883	0.9397	0.8732	0.7059	0.1975	0.2822	0.3641	0.4438	0.8188	1.1684	1.5015	1.8223
140	0.9927	0.9635	0.9253	0.8433	0.6376	0.4251	0.4278	0.4799	0.7942	1.0996	1.3920	1.6726
160	0.9952	0.9766	0.9529	0.9042	0.8031	0.7017	0.6304	0.6134	0.8107	1.0708	1.3275	1.5762
180	0.9967	0.9846	0.9690	0.9381	0.8782	0.8125	0.7784	0.7530	0.8550	1.0669	1.2893	1.5105
200	0.9978	0.9897	0.9791	0.9592	0.9212	0.8882	0.8621	0.8455	0.9067	1.0760	1.2583	1.4631
250	0.9992	0.9960	0.9924	0.9857	0.9741	0.9655	0.9604	0.9589	1.0048	1.1143	1.2501	1.3962
300	0.9998	0.9990	0.9983	0.9971	0.9964	0.9973	1.0000	1.0052	1.0559	1.1422	1.2480	1.3629
350	1.0001	1.0007	1.0011	1.0029	1.0069	1.0125	1.0189	1.0271	1.0810	1.1560	1.2445	1.3405
400	1.0002	1.0011	1.0024	1.0057	1.0125	1.0199	1.0283	1.0377	1.0926	1.1609	1.2382	1.3216
450	1.0003	1.0018	1.0033	1.0073	1.0153	1.0238	1.0332	1.0430	1.0973	1.1606	1.2303	1.3043
500	1.0004	1.0020	1.0040	1.0081	1.0167	1.0257	1.0350	1.0451	1.0984	1.1575	1.2213	1.2881
600	1.0004	1.0021	1.0040	1.0084	1.0173	1.0263	1.0355	1.0450	1.0951	1.1540	1.2028	1.2657
800	1.0004	1.0017	1.0036	1.0074	1.0157	1.0237	1.0320	1.0402	1.0832	1.1264	1.1701	1.2140
1000	1.0003	1.0015	1.0034	1.0067	1.0136	1.0205	1.0275	1.0347	1.0714	1.1078	1.1449	1.1814

Tabel (4): Faktor Kompresibilitas Oksigen

Temp., K	Pressure, bar											
	1	5	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
75	0.0043	0.0213	0.0425	0.0849	0.1693	0.2533	0.3368	0.4200	0.8301	1.2322	1.6278	2.0175
80	0.0041	0.0203	0.0405	0.0811	0.1616	0.2418	0.3214	0.4007	0.7912	1.1738	1.5495	1.9196
90	0.0038	0.0188	0.0376	0.0750	0.1494	0.2233	0.2966	0.3696	0.7281	1.0780	1.4211	1.7580
100	0.9757	0.0177	0.0354	0.0705	0.1404	0.2095	0.2783	0.3464	0.6798	1.0040	1.3206	1.6309
120	0.9855	0.9246	0.8367	0.0660	0.1302	0.1935	0.2558	0.3173	0.6148	0.8999	1.1762	1.4456
140	0.9911	0.9535	0.9034	0.7852	0.1334	0.1940	0.2527	0.3099	0.5815	0.8374	1.0832	1.3214
160	0.9939	0.9697	0.9379	0.8689	0.6991	0.3725	0.2969	0.3378	0.5766	0.8058	1.0249	1.2354
180	0.9960	0.9793	0.9579	0.9134	0.8167	0.7695	0.5954	0.5106	0.6043	0.8025	0.9990	1.1888
200	0.9970	0.9853	0.9705	0.9399	0.8768	0.8140	0.7534	0.6997	0.6720	0.8204	0.9907	1.1623
250	0.9987	0.9938	0.9870	0.9735	0.9477	0.9237	0.9030	0.8858	0.8563	0.9172	1.0222	1.1431
300	0.9994	0.9968	0.9941	0.9884	0.9771	0.9675	0.9597	0.9542	0.9560	0.9972	1.0689	1.1572
350	0.9998	0.9990	0.9979	0.9961	0.9919	0.9890	0.9870	0.9870	1.0049	1.0451	1.1023	1.1722
400	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0003	1.0011	1.0022	1.0045	1.0305	1.0718	1.1227	1.1816
450	1.0002	1.0007	1.0015	1.0024	1.0048	1.0074	1.0106	1.0152	1.0445	1.0859	1.1334	1.1859
500	1.0002	1.0011	1.0022	1.0038	1.0075	1.0115	1.0161	1.0207	1.0523	1.0927	1.1380	1.1866
600	1.0003	1.0014	1.0024	1.0052	1.0102	1.0153	1.0207	1.0266	1.0582	1.0961	1.1374	1.1803
800	1.0003	1.0014	1.0026	1.0055	1.0109	1.0164	1.0219	1.0271	1.0565	1.0888	1.1231	1.1582
1000	1.0003	1.0013	1.0026	1.0053	1.0101	1.0149	1.0198	1.0253	1.0507	1.0783	1.1072	1.1369

PENGGUNAAN NITROGEN

Nitrogen mempunyai kegunaan yang sangat luas di dalam pemakaiannya secara komersial maupun teknis. Sebagai gas ia banyak digunakan untuk keperluan-keperluan seperti berikut:

(a). Pengadukan larutan pencuci film berwarna pada photo graphic processing

(b). Reaktan atau bahan baku dalam pembuatan pupuk

(c). Penyelimutan liquida yang peka terhadap oksigen

(d). Sebagai carrier media pemadam kebakaran

(e). Penekan ban pesawat terbang

(f). Sebagai bahan dasar untuk industri kimia

(g). Untuk pengusiran gas (purging)

(h). Dsb.

Sebagai cairan ia banyak digunakan untuk keperluan-keperluan seperti berikut:

(a). Refrigerant

(b). Pendinginan peralatan elektronik

(c). Penyerbukan plastik (plastic pulverizing)

(d). Penyerbukan bahan makanan

(e). Pengawetan bahan makanan

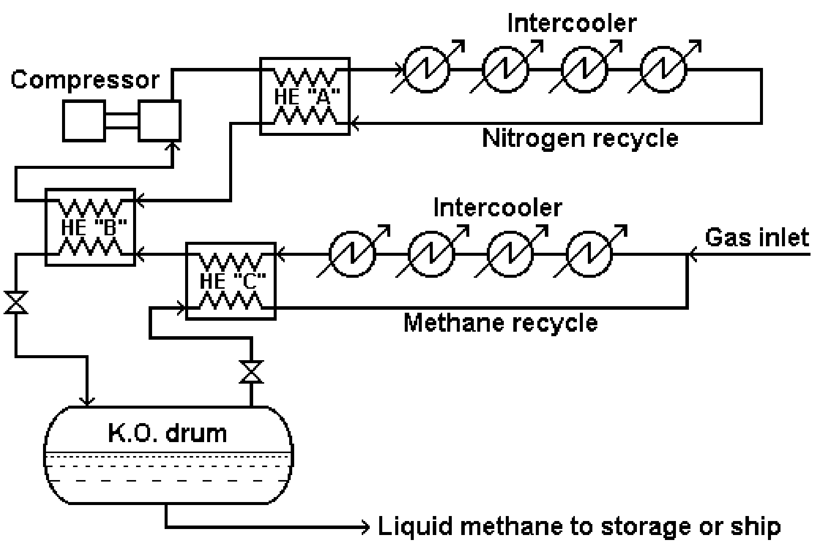
(f). Penstabilan dan pengerasan metal

(g). Dsb.

Dewasa ini penggunaan nitrogen secara besar-besaran banyak dijumpai dalam industri pupuk dan industri gas. Penggunaan lainnya yang cukup populer adalah sebagai refrigerant untuk pencairan gas alam. Seperti yang terlihat dalam gambar (4) dan (5) menunjukkan skema proses pencairan gas dan proses pemurnian gas dengan menggunakan nitrogen.

Dalam gambar (4) menunjukkan salah satu proses pencairan gas alam dengan menggunakan nitrogen sebagai bahan refrigerant. Nitrogen yang ditekan oleh kompresor sebagian besar akan mencair dan setelah dilewatkan melalui intercooler diharapkan nitrogen akan mencair sempurna. Dari intercooler, nitrogen disirkulasikan kembali dan selanjutnya dengan bantuan expander nitrogen diekspansikan dan berubah fasenya menjadi uap. Selama penguapannya ia membutuhkan panas, dan panas diambil dari gas alam (metane) setelah dilewatkan melalui exchanger B. Gas alam yang kehilangan sebagian besar panasnya akan turun suhunya dan mencair, yang selanjutnya ditampung di dalam K.O. drum. Dengan demikian gas alam cair siap untuk disimpan di dalam tangki penimbunan atau dikapalkan langsung.

Sebagian gas alam cair yang tertampung di dalam knock out drum dikembalikan melalui expander valve untuk membantu pendinginan awal.



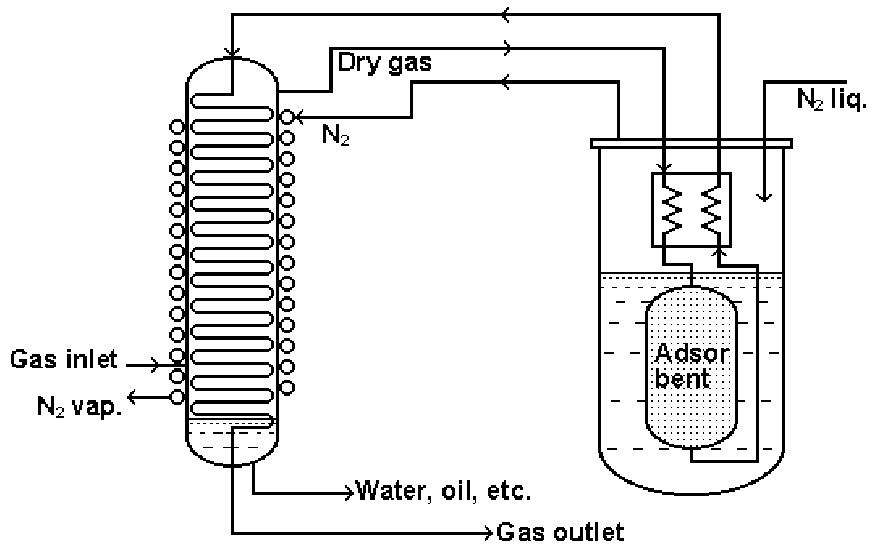
Gambar (4): Nitrogen Refrigerated Liquefaction

Penggunaan lain seperti dalam gambar (5) menunjukkan proses pemurnian gas alam yang pengeringannya dilakukan dengan menggunakan nitrogen sebagai media pendinginannya. Gas alam dialirkan melalui sebuah bejana yang dindingnya dilengkapi dengan lilitan pipa (tube) yang didalamnya dialirkan nitrogen yang suhunya cukup rendah. Dengan adanya proses pendinginan yang terjadi di sini maka beberapa fraksi minyak maupun uap air yang terikut ke dalam gas alam akan terkondensasi, dan kondensat yang terkumpul pada bagian dasar bejana dapat dipisahkan dengan mudah yaitu dengan membuangnya melalui bagian dasar bejana.

Gas alam yang keluar dari bejana pendingin relatif sudah kering, namun pada umumnya masih mengandung beberapa impurities yang berupa gas seperti CO_2 dan gas-gas lainnya. Selanjunya gas tersebut dialirkan melalui sebuah bejana pendingin berikutnya yang di dalamnya dilengkapi sebuah cartrige yang di dalam cartrige tersebut berisi adsorbent.

Adsorbent yang berada di dalam cartrige tersebut akan menyerap gas-gas impurities yang masih terikut didalam gas alam sampai mrncapai batas konsentrasi yang

dikehendaki. Disamping di dalam bejana dilengkapi adsorbent, cartrige tersebut juga dilengkapi sebuah alat penukar panas serta dipasok nitrogen yang berupa cairan.



Gambar (5): Natural Gas Purifier

Dengan adanya pendinginan di sini diharapkan semua gas-gas impurities yang terkandung di dalam gas alam dapat terserap habis sehingga gas alam yang telah dimurnikan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

METODA PROSES PEMISAHANNYA

Nitrogen diproduksi secara komersial dengan proses pemisahan, yaitu dengan mencairkan udara atmosfir dan kemudian memisahkannya dengan cara distilasi bertekanan, dan proses lainnya yang dewasa ini cukup banyak diterapkan dalam industri adalah dengan menggunakan permeable membrane.

Disamping dari udara, nitrogen juga dapat diperoleh dari gas alam yang pada umumnya cukup tinggi kandungan nitrogennya. Beberapa proses pemisahan udara yang populer dan banyak diterapkan di dalam industri-industri besar diantaranya adalah:

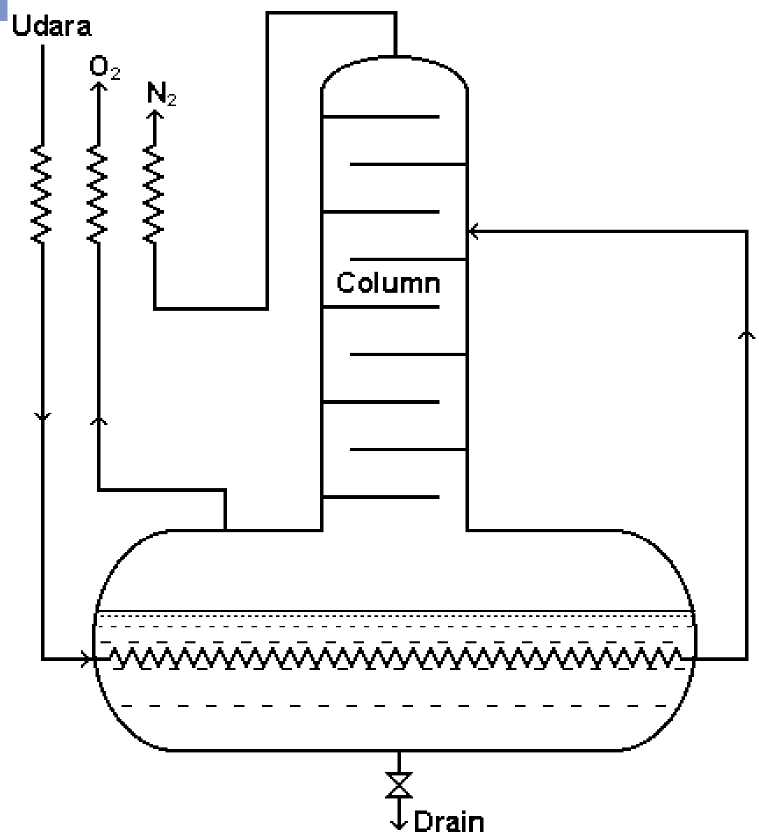
- Linde Sinle-Column Air Separation
- Linde Double-Column Air Separation
- Membrane Air Separation

Linde-Single Column Air Separation

Dalam gambar (6) menunjukkan proses pemisahan nitrogen dengan menggunakan metoda Linde-Single Column Air Separation. Proses ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1902. Prosesnya sangat sederhana, yaitu dengan memampatkan udara kemudian didinginkan.

Udara yang telah didinginkan selanjutnya dipisahkan dari komponen-komponennya yaitu terutama nitrogen dan oksigen dengan menggunakan kolom distilasi. Atas dasar perbedaan titik didih dari kedua komponen tersebut maka komponen yang mempunyai titik didih lebih rendah (dalam hal ini nitrogen) akan lebih mudah menguap. Dengan demikian di dalam pemisahannya, nitrogen ditarik dari bagian puncak kolom dan oksigen ditarik dari bagian dasar kolom.

Di dalam kolom distilasi dilengkapi dengan beberapa susunan alat kontak (tray) jenis tertentu yang berfungsi untuk menajamkan pemisahan. Tekanan yang diperlukan berkisar antara 3 - 30 MPa. Jika dikehendaki oksigen yang dihasilkan berupa gas maka tekanan yang dibutuhkan sekitar 3 - 6 MPa, sedangkan jika dikehendaki oksigen yang dihasilkan dalam bentuk cairan maka tekanan yang dibutuhkan sekitar 6 - 30 MPa.



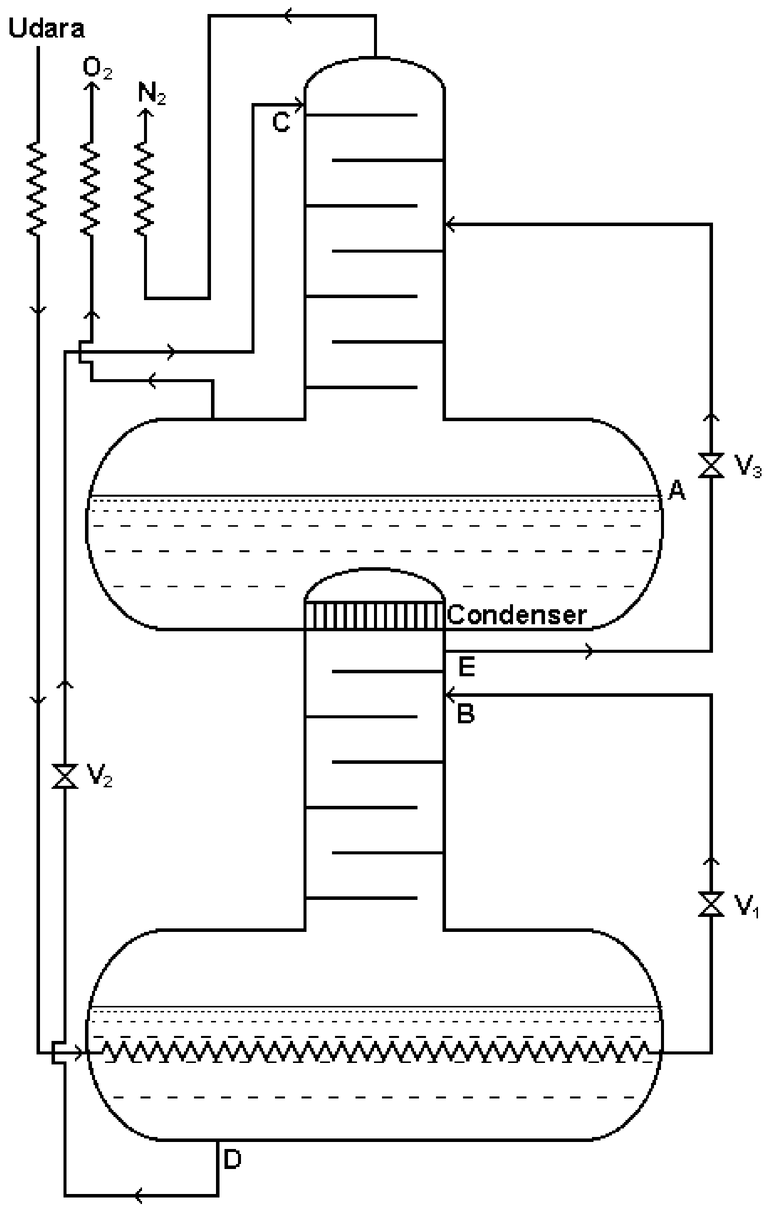
Gambar (6): Linde-Sinle Column Air Separation

Linde-Double Column Air Separation

Dalam gambar (7) menunjukkan proses pemisahan nitrogen dengan menggunakan metoda Linde-Double Column. Pada prinsipnya sama seperti apa yang dilakukan dengan menggunakan metoda Linde-Single Column. Seperti yang terlihat dalam gambar (7), untuk proses pemisahannya dilakukan dengan menggunakan dua buah kolom yang tersusun secara seri, hal ini dimaksudkan agar hasil pemisahannya dapat lebih sempurna dengan kata lain komponen-komponen yang dipisahkan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi.

Udara cair masuk pada titik intermediate B dan setelah di dalam kolom pertama (bawah) terjadi pemisahan antara fase uap dan fase cair. Fase uap banyak

mengandung komponen nitrogen sedangkan fase cair banyak mengandung komponen oksigen. Bagian puncak kolom pertama dilengkapi dengan sebuah condenser dimaksudkan agar pada bagian tersebut terjadi reflux yang akan membantu penajaman dalam pemisahan.



Gambar (7): Linde-Double Column Air Separation

Uap yang dihasilkan dari puncak kolom pertama ditarik melalui titik E kemudian masuk ke dalam kolom kedua (atas). Sedangkan cairan yang dihasilkan dari bagian dasar kolom pertama (reboiler) dengan konsentrasi oksigen sekitar 45 % ditarik melalui titik D masuk ke dalam kolom kedua melalui titik C yang posisinya sedikit di bawah saluran gas masuk. Di dalam kolom kedua terjadi pemisahan yang lebih tajam dan nitrogen maupun oksigen yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh Simple-Linde Separation Process.

Karena condenser harus mengembunkan sebagian uap oksigen yang terikut ke dalam fase uap maka pada kolom pertama harus beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi, yaitu sekitar 500 kPa, sedangkan kolom kedua hanya sekitar 100 kPa.

Membrane Air Separation

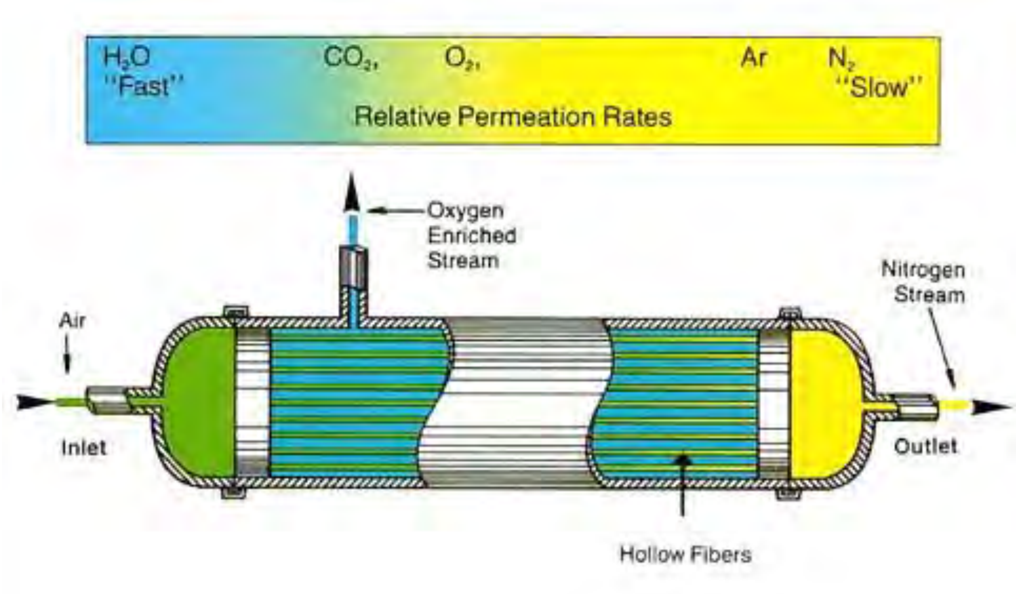
Udara yang terdiri dari beberapa unsur seperti uap air, karbon dioksida, oksigen, argon, dan nitrogen dapat dipisahkan dengan cara melewatkannya melalui sebuah permeable membrane (membran yang dapat ditembus). Proses pemisahan dengan menggunakan permeable membrane ini didasarkan atas perbedaan kemampuan gas menembus membrane tertentu. Setiap gas mempunyai karakteristik laju permeasi, yaitu merupakan fungsi dari kemampuannya untuk melarut dan mendifusi melalui membrane.

Gas yang mempunyai laju permeasi yang lebih cepat seperti oksigen dapat dipisahkan dari gas yang mempunyai laju permeasi yang lebih lambat seperti nitrogen, perhatikan ilustrasi dalam gambar (7). Sebagai driving force (daya dorong) proses pemisahan dengan metoda ini adalah perbedaan tekanan parsial yang ditimbulkan antara sisi udara yang diumpankan (compressed feed air) dan sisi tekanan rendah dari membrane.

Pemisahan nitrogen sebenarnya terjadi di dalam membrane separator. Setiap membrane separator terdiri dari sebuah bungkusan hollow membrane fiber di dalam shell yang berbentuk silinder, dan tersusun seperti sebuah shell and tube heat exchanger.

Udara bertekanan diumpankan melalui ujung masukan (inlet end) separator, dan mengalir melalui bagian dalam hollow fiber menuju ujung keluaran (outlet end). Dalam perjalanannya sebagian molekul-molekul komponen udara mulai menembus dinding fiber sesuai dengan permeabilitasnya. Uap air, karbon dioksida, dan uap air dapat menembus membrane lebih cepat dibandingkan dengan nitrogen.

Dengan demikian nitrogen yang keluar dari ujung keluaran mempunyai tingkat kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara saat memasuki membrane separator. Sedangkan aliran yang kaya akan oksigen (oxygen-rich stream) dibuang ke atmosfir atau diproses lebih lanjut untuk dimurnikan oksigennya dan digunakan untuk keperluan tertentu. Jika konsumsi nitrogen menurun maka aliran nitrogen akan menurun juga, dan sebagai akibatnya tingkat kemurnian nitrogen menjadi lebih tinggi lagi.



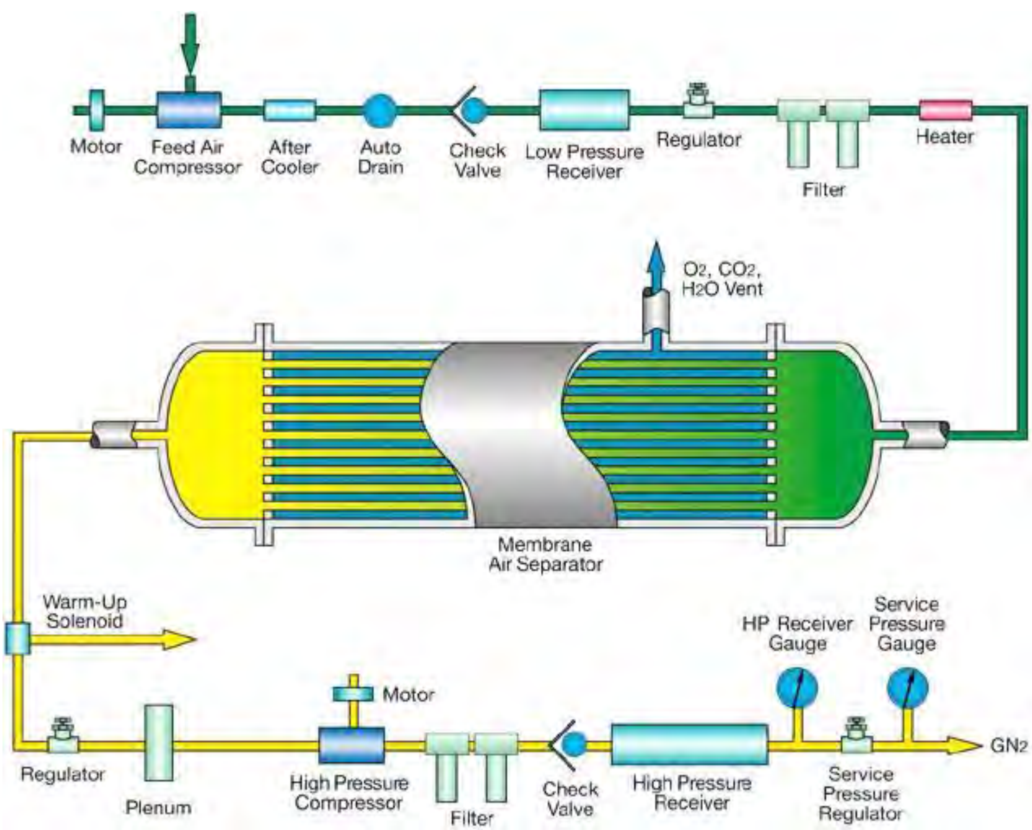
Gambar (8): Prinsip Kerja Permeable Membrane

Sistem pemisahan nitrogen secara lengkap dengan menggunakan permeable membrane dapat dilihat dalam gambar (9). Proses pemisahan dengan cara ini dapat

menghasilkan nitrogen dengan tingkat kemurnian 95 – 99 % dengan titik embun di bawah –70 °C. Jika nitrogen yang dihasilkan mempunyai tingkat kemurnian 95 % maka titik embunnya mencapai dibawah –70 °C, jika tingkat kemurniannya 99 % maka titik embunnya mencapai dibawah – 100 °C. Tekanan operasi di dalam membrane separator dapat emncapai 6000 psig.

Dua buah filter dipasang sebagai kelengkapan filter dimaksudkan untuk:

- ✰ Sebuah filter di bagian upstream untuk menjamin bahwa udara yang akan dipisahkan tidak lagi mengandung aerosol minyak.
- ✰ Sebuah filter di bagian downstream untuk menjamin bahwa nitrogen yang dihasilkan bebas dari debu karbon.



Gambar (9): Membrane Air Separation

Dalam sistem seperti ini bamyak menggunakan membrane cartridge dengan maksud untuk memudahkan dalam pemeliharaannya. Membrane dapat diganti dengan melepas cartidge tanpa harus melepas pressure vessel.

KESETIMBANGAN UAP-CAIRAN

Hukum Rault

Untuk larutan ideal, dalam Hukum Rault dijelaskan bahwa tekanan parsial komponen A dalam campuran sama dengan tekanan uap murni kali fraksi mol-nya dalam cairan. Secara matematis dinyatakan seperti berikut.

$$p_i = p_i^* x_i$$

dimana: p_i = tekanan parsial komponen i

p^*_i = tekanan uap komponen i

x_i = fraksi mol komponen i dalam cairan

Tekanan uap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Antoine yang dinyatakan seperti berikut:

$$\log p^* = A - \frac{B}{C + t}$$

dimana:

p^* = tekanan uap, mmHg

t = suhu ^oC

A, B, C = konstanta Antoine yang hargany seperti dalam table berikut:

Komponen	A	B	C
Nitrogen	7.35335	357.674	276.202
Oksigen	7.14510	386.253	273.789

Hukum Henry

Fraksi mol komponen I dalam campuran fase uap dinyatakan sebagai perbandingan antara tekanan parsial terhadap tekanan total.

$$y_i = \frac{p_i}{p_t}$$

dimana y_i menunjukkan fraksi mol komponen I dalam campuran fase uap.

Karena dalah Hukum Rault menyatakan $p_i = p^*_i x_i$, maka selanjutnya diperoleh hubungan seperti berikut:

$$y_i = \frac{p^*_i x_i}{p_t}$$

Hukum Dalton

Jika suatu campuran uap terdiri dari komponen-komponen A, B, dan C, maka tekanan total merupakan hasil penjumlahan dari tekanan parsial dari masing-masing komponen.

$$p_t = \sum_{i=A}^{Z} p_i = p_A + p_B + p_C + \ldots\ldots\ldots\ldots + p_Z$$

dimana: p_t = tekanan total

p_A = tekanan parsial komponen A

p_B = tekanan parsial komponen B

p_C = tekanan parsial komponen C

p_Z = tekanan parsial komponen Z

Konstanta Kesetimbangan

Jika suatu campuran dinyatakan dalam kondisi tekanan dan suhu tertentu, maka hubungan antara fraksi mol dalam fase uap dan dalam fase cair dapat diturunkan dari hukum Rault dan Henry seperti berikut ini.

$$p_i^* x_i = p_t y_i$$

$$K_i = \frac{p_i^*}{p_t} = \frac{y_i}{x_i}$$

$$y_i = K_i x_i$$

dimana: K_i = konstanta kesetimbangan komponen i

$K_i = p^*_i/p_t$ (untuk larutan ideal)

$K_i = H/p_t$ (untuk larutan tak ideal)

Relative Volatility

Untuk sistem biner, jika komponen A lebih volatile dan komponen B kurang volatile dan menganggap hukum Rault tetap berlaku, maka relative volatility komponen A terhadap komponen B dapat dinyatakan seperti berikut:

$$\alpha_{A\text{-}B} = \frac{p_A^*}{p_B^*} = \left(\frac{y_A}{x_A}\right)\left(\frac{x_B}{y_B}\right)$$

Karena $y_B = 1 - y_A$ dan $x_B = 1 - x_A$, maka dapat diperoleh hubungan seperti berikut.

$$\alpha_{A\text{-}B} = \frac{p_A^*}{p_B^*} = \left(\frac{y_A}{x_A}\right)\left(\frac{1 - x_A}{1 - y_A}\right)$$

dimana $\alpha_{R\text{-}B}$ = relative volatility komponen A terhadap komponen B, dan untuk larutan tidak ideal (encer) berlaku

$$\alpha_{A\text{-}B} = \frac{k_A}{k_B}$$

Kurva Kesetimbangan

Kurva kesetimbangan campuran biner (dua komponen) adalah garis yang menunjukkan hubungan antara faksi mol komponen tertentu pada fase uap dengan yang ada pada fase cair. Kurva kesetimbangan system nitrogen-oksigen dapat dibuat dengan cara menghubungkan titik-titik kesetimbangan pada berbagai suhu dalam tekanan konstan, atau sebaliknya dibuat pada pada berbagai tekanan dalam suhu konstan.

Berdasarkan hukum Rault, maka hubungan antara fraksi mol komponen tertentu dalam fase uap dan dalam fase cair dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$\text{Untuk komponen A: } y_A = \frac{p_A^*}{p_t} x_A$$

$$\text{Untuk komponen B: } y_B = \frac{p_B^*}{p_t} x_B$$

Karena $x_B = 1 - x_A$, maka

$$y_B = \frac{p_B^*}{p_t}(1 - x_A)$$

Karena $y_A + y_B = 1$, maka

$$\frac{p_A^*}{p_t} x_A + \frac{p_B^*}{p_t}(1 - x_A) = 1$$

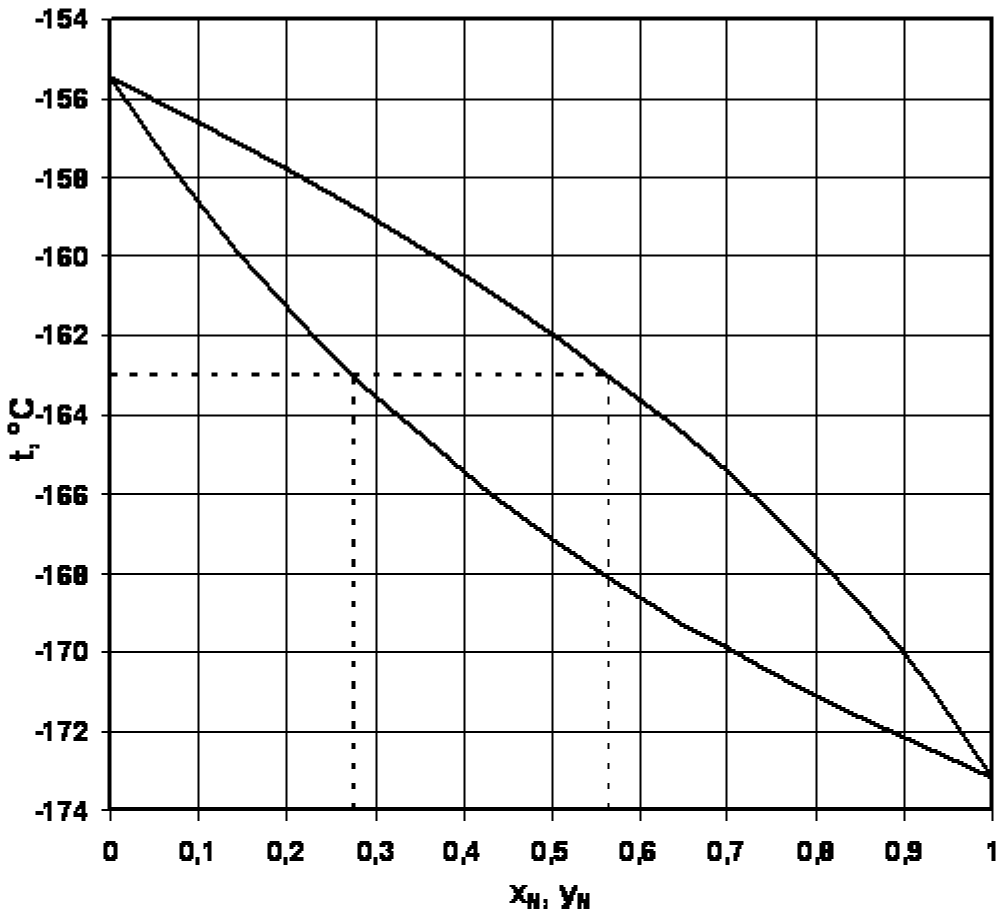
Jika diselesaikan diperoleh persamaan seperti berikut:

$$x_A = \frac{p_t - p_B^*}{p_A^* - p_B^*}$$

atau

$$p_t = x_A\, p_A^* + p_B^*\left(1 - x_A\right)$$

Kurva kesetimbangan untuk campuran biner dari komponen A dan komponen B dapat dibuat dengan bentuk seperti berikut:



Gambar (10): Kesetimbangan Uap-Cairan Sistem Nitrogen-Oksigen pada tekanan 760 mm Hg

BUBBLE POINT & DEW POINT

Bubble point (titik didih) campuran dapat dicapai apabila memenui syarat berikut:

$$\sum_{i=A}^{Z} yi = y_A + y_B + y_C + \ldots\ldots\ldots + y_Z = 1$$

Dew point (titik embun) campuran dapat dicapai apabila memenuhi syarat berikut:

$$\sum_{i=A}^{Z} xi = x_A + x_B + x_C + \ldots\ldots\ldots + x_Z = 1$$

DAFTAR PUSTAKA

1. CHRISTIE J. GEANKOPLIS, ―Transport Process and Unit Operations", 2nd Edition, Allyn and Bacon Inc, London, 1983.
2. EVERT B. WOODRUFF & HERBERT B. LAMMERE, "Steam Plant Operation", McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.
3. HOWARD J. STRAUSS, Ph.D. and MILTON KAUFMAN, ―Handbook for Chemical Technicians", McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.
4. JAMES H CARPENTER, "The Power Handbook", McGraw-Hill Book Company Inc, 1983.
5. ROBERT E. TREYBAL, ―Mass-Transfer Operations", 3rd Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1985.
6. WILLIAM H. SEVERNS & HOWARD E. DOGLER 7 JOHN C. MILES, "Steam, Air and Gas Power", John Wiley & Sons, New York, 1954.
7. Hamer M.J Water and waste waste tehnologi second edition Jhon Wiley and son New York 1986
8. Huesman W.JR Water Suply and Polotion Control Fourt edition harper ror publisher New York 1985
9. Martin Darmasetiawan Pengolahan Air Bersih 2001
10. Gunn, D., and Horton, R. *Industrial Boilers*, Longman Scientific & Technical, New York
11. India Energy Bus Project, *Industrial Heat Generation and Distribution*. NIFES Training

Manual Issued for CECIS 10392, 1982

12. Jackson, J. James, *Steam Boiler Operation*. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 1980.

Light Rail Transit Association, Trams for Bath. *D.C. Power stations – Boiler*

13. ISA S7.3 - Quality Standard for Instrument Air
14. ISA S7.4 - Pressures for Pneumatic Controllers, Transmitters and Transmission Systems
15. CHRISTIE J. GEANKOPLIS, ―Transport Process and Unit Operations", 2nd Edition, Allyn and Bacon Inc, London, 1983.

16. EVERT B. WOODRUFF & HERBERT B. LAMMERE, "Steam Plant Operation", McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.
17. HOWARD J. STRAUSS, Ph.D. and MILTON KAUFMAN, —Handbook for Chemical Technicians”, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.
18. JAMES H CARPENTER, "The Power Handbook", McGraw-Hill Book Company Inc, 1983.
19. ROBERT E. TREYBAL, —Mass-Transfer Operations”, 3rd Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1985.
20. WILLIAM H. SEVERNS & HOWARD E. DOGLER 7 JOHN C. MILES, "Steam, Air and Gas Power", John Wiley & Sons, New York, 1954.

Diunduh dari BSE.Mahoni.com